மரபியலில் அண்மை வளர்ச்சி

பெ. மா. அண்ணாமலை

தமிழ்நாட்டுப் பாடநூல் நிறுவனம்

த. பா. நி. (க.வெ.) வரிசை எண்—515

மரபியலில் அண்மை வளர்ச்சி

ஆசிரியர்
பெ. மா. அண்ணாமலை, பி.எஸ்ஸி., எம்.ஏ.,
எம்.எஸ்ஸி., எம்.இ.எஸ்.(லண்டன்),
பேராசிரியர், உயிரியல் துறை,
கோவை மருத்துவக் கல்லூரி,
கோயம்புத்தூர்.

தமிழ்நாட்டுப் பாடநூல் நிறுவனம்

First Edition—November, 1973

T.N.T.B.S. (C.P.) No. 515

© Tamil Nadu Text Book Society

RECENT ADVANCES IN GENETICS

P. M. ANNAMALAI

Price Rs. 10-85

Published by the Tamil Nadu Text Book Society under the Centrally Sponsored Scheme of Production of books and literature in regional languages at the University level, of the Government of India in the Ministry of Education and Social Welfare (Department of Culture), New Delhi.

Printed by
Kulandai Printers
Madras-33

அணிந்துரை

திரு. இரா. நெடுஞ்செழியன்
(தமிழகக் கல்வி அமைச்சர்)

தமிழைக் கல்லூரிக் கல்வி மொழியாக ஆக்கிப் பதின்மூன்றாண்டுகள் ஆகிவிட்டன. குறிப்பிட்ட சில கல்லூரிகளில் பி.ஏ. வகுப்பு மாணவர்கள் தங்கள் பாடங்கள் அனைத்தையும் தமிழிலேயே கற்றுவந்தனர். 1968ஆம் ஆண்டின் தொடக்கத்தில் புகுமுக வகுப்பிலும் (P.U.C.). 1969ஆம் ஆண்டிலிருந்து பட்டப் படிப்பு வகுப்புகளிலும் அறிவியல் பாடங்களையும் தமிழிலேயே கற்பிக்க ஏற்பாடு செய்துள்ளோம். தமிழிலேயே கற்பிப்போம் என முன்வந்துள்ள கல்லூரி ஆசிரியர்களின் ஊக்கம், பிற பல துறைகளிலும் தொண்டு செய்வோர் இதற்கெனத் தந்த உழைப்பு, தங்கள் சிறப்புத் துறைகளில் நூல்கள் எழுதித்தர முன் வந்த நூலாசிரியர்கள் தொண்டுணர்ச்சி இவற்றின் காரணமாக இத் திட்டம் நம்மிடையே மகிழ்ச்சியும் மனநிறைவும் தரத்தக்க வகையில் நடைபெற்று வருகிறது. இவ்வகையில், கல்லூரிப் பேராசிரியர்கள் கலை, அறிவியல் பாடங்களை மாணவர்க்குத் தமிழிலேயே பயிற்றுவிப்பதற்குத் தேவையான பயிற்சியைப் பெறுவதற்கு மதுரைப் பல்கலைக்கழகம் ஆண்டுதோறும் எடுத்துவரும் பெரு முயற்சியைக் குறிப்பிட்டுச் சொல்லவேண்டும்.

பல துறைகளில் பணிபுரியும் பேராசிரியர்கள் எத்தனையோ நெருக்கடிகளுக்கிடையே குறுகிய காலத்தில் அரிய முறையில் நூல்கள் எழுதித் தந்துள்ளனர்.

வரலாறு, அரசியல், உளவியல், பொருளாதாரம், தத்துவம், புவியியல், புவியமைப்பியல், மனையியல், கணிதம், இயற்பியல், வேதியியல், உயிரியல், வானியல், புள்ளியியல், விலங்கியல், தாவரவியல், பொறியியல் ஆகிய எல்லாத் துறைகளிலும் தனி நூல்கள், மொழிபெயர்ப்பு நூல்கள் என்ற இருவகையிலும் தமிழ் நாட்டுப் பாடநூல் நிறுவனம் வெளியிட்டு வருகிறது.

இவற்றுள் ஒன்றான '**மரபியலில் ஆண்மை வளர்ச்சி**' என்ற இந் நூல் தமிழ்நாட்டுப் பாடநூல் நிறுவனத்தின் **515**ஆவது வெளியீடாகும். கல்லூரித் தமிழ்க்குழுவின் சார்பில் வெளியான **35** நூல்களையும் சேர்த்து இதுவரை **550** நூல்கள் வெளிவந்துள்ளன. இந் நூல் மைய அரசு கல்வி, சமூக நல அமைச்சகத்தின் மாநில மொழியில் பல்கலைக்கழக நூல்கள் வெளியிடும் திட்டத்தின்கீழ் வெளியிடப்படுகிறது.

உழைப்பின் வாரா உறுதிகள் இல்லை; ஆதலின், உழைத்து வெற்றி காண்போம். தமிழைப் பயிலும் மாணவர்கள் உலக மாணவர்களிடையே சிறந்த இடம் பெறவேண்டும். அதுவே தமிழன்னையின் குறிக்கோளுமாகும். தமிழ்நாட்டுப் பல்கலைக் கழகங்களின் பல்வகை உதவிகளுக்கும் ஒத்துழைப்புக்கும் நம் மனம் கலந்த நன்றி உரியதாகுக.

இரா. நெடுஞ்செழியன்

பொருளடக்கம்

		பக்கம்
1.	பரம்பரையியல்—மெய்யும் பொய்யும்	... 1
2.	செல்லும் செல் பிரிவும்	... 11
3.	குரோமோசோமின் கலையமைப்பு	... 34
4.	ஜீன்: அதன் நுண் அமைப்பும் செயல் முறையும்	... 63
5.	மரபியற் (ஜெனிட்டிக்) பொருள்: டிஎன்ஏ-யும் ஆர்என்ஏ-யும்	... 88
6.	மெண்டலிசமும் அதன் தற்கால நிலையும்	... 117
7.	பல்கூட்டு ஆக்கக் கூறுகள்	... 151
8.	பல்கூட்டு அல்லீல்கள்	... 156
9.	பால் நிர்ணயித்தல்	... 183
10.	குரோமோசோம்களும் நோயும்	... 221
11.	ஜீன் பிணைப்பும் குறுக்கெதிர் மாற்றமும்	... 243
12.	நிலையான திடீர் மாற்றங்கள்	... 285
13.	புற்று நோயின் மரபியல்	... 322
14.	குரோமோசோம்களின் பிரட்சிகள்	... 363
15.	சேய்ப் பெருக்கமும் தேர்வும்	... 377
16.	குரோமோசோம் பங்கு பெறு பரம்பரையியல் அல்லது சைட்டோபிளாசப் பரம்பரையியல்	... 384
17.	வளர்தலில் ஜீன்கள்	... 410
18.	இனக்கூட்ட மரபியல் அல்லது இனத்தொகைகளில் பரம்பரையியல்	... 422
19.	ஹார்மோன்களும் ஜீன்களும்	... 437
20.	மரபியலும் படிமலர்ச்சியும்	... 453
	கலைச்சொற்கள்	... 470
	மேற்கோள் நூல் பட்டியல்	... 499

1. பரம்பரையியல்-மெய்யும் பொய்யும்

(Heredity - Fact and Fiction)

மரபியல் (genetics) என்ற கிரேக்க மொழிக்கு ஒன்றிலிருந்து வளர்தல் (gen = to become or to grow into) என்று பொருள். ஒரு சந்ததியிலிருந்து மற்ருென்று வளர்வதையும் அதில் பரம்பரை யூனிட்டுகள் வேலை செய்வதையும் பற்றிக் கூறுவதாகும்.

இது உயிரியியலின் ஒரு கிளையாகும். இக்கிளையில் உறவு கொண்ட உயிரிகளின் பரம்பரையியலும் (heredity) மாறுபாடுகளும் அடங்கும். பெரும்பாலும் படி மலர்ச்சி முறையிலேயே இது அமைகிறது. தாவரங்கள், விலங்குகளின் வேறுபாடுகளே மரபியலின் உயிர்க் குருதியாகும். ஒரு செல் உயிரிகளிலிருந்து (9 காவைரஸ்கள்) பல செல் உயிரிகள் (மனிதன்) வரை உள்ள எல்லா தாவரங்களும், விலங்குகளும் வேறுபட்டுக் காண்பது மரபியல் கொள்கையைப் பொருத்ததே. 'தாயைப்போல் பிள்ளை' என்ற பழமொழிகளையும் இங்கு நினைவுபடுத்திக் கொள்வோம். இதனுல் பெற்ருேர்களின் குணங்கள் வழி வழியாக வருவது எல்லோருக்கும் தெரிந்த ஒன்ருகும். இக்குணங்கள், எவ்வாறு வழி வழியாகச் செல்கின்றன? அதில் ஏற்படும் மாற்றங்கள் என்ன? அம்மாற்றங்கள் எவ்வாறு உண்டாகின்றன? என்பதை தற்கால வளர்ச்சி வரை இங்கு விளக்குவது முக்கியநோக்கமாகும். பல மரபியல் வல்லுநர்களும் நோபல் பரிசு பெற்றுள்ளனர்.

மரபியலின் முக்கிய பயன் என்னவென்ருல் இக்கருத்துகளைப் பயன்படுத்தி தாவரங்களிலும் (தானியங்கள்) விலங்குகளிலும் புதுப்புது வகைகளை உண்டு பண்ணுவதாகும். அவைகள் மக்கள் நலனுக்கு எந்த அளவு பயன்படுகின்றது என்று கண்டு, பின் அவ்வினத்தை ஊக்குவித்தலுமாகும். புதுப் புது தான்யங்கள், கரும்பு. பருத்தி, பழங்கள், போன்றவைகளையும் அதிக உரோமம்,

இறைச்சி, முட்டை, பால் போன்றவைகளையும் கொடுக்கக்கூடியவற்றை மேலும் பயிரிடவோ இனவிருத்தி செய்யவோ முயல்வதாகும். எடுத்துக்காட்டாக, ஐ. ஆர். 8, 20 இந்திரா, காஞ்சி, கருணா, விதையற்ற திராட்சை, அனுபிஷா போன்ற வகைகளைக் கூறலாம். சுருட்டை எருமைகள், சிந்தி பசுக்கள் (Sindhi cows), ஃபிரிசியன் காளைகள் (Fresian bulls), குதிரை, பன்றி (White-yorkshire), கோழி (Austrolap) வகைகள் முதலியனவும் குறிப்பிடத்தக்கவைகளாகும்.

அவ்வாறே மருத்துவத்துறையில் கூறவேண்டுமானால் பல நோய்களின் காரணங்களையும் நிவாரணங்களையும் தெரிந்திருந்தும் பயனற்ற ஒரு நிலையில் தவிக்கும் போது மரபியல் தக்க விளக்கமாகக் கை கொடுக்கிறது. சில பரம்பரை நோய்களைக் குணப்படுத்த முடியுமா ? முடியாதா என்று முன்கூட்டியே இதனால் அறிய முடிகிறது. காச நோய், புற்று நோய், இருதய நோய், நீரிழிவு போன்ற நோய்கள் இதற்குக் கூறலாம். அந்நோயாளியின் குடும்ப பரம்பரையைக் கொண்டு இவைகளை முன்கூட்டியே அறியமுடியும்.

எடுத்துக்காட்டாக ஒன்றைக் கூறுவோம். ஓர் இளமைப் பருவ மனிதனுக்கு முகத்தில் அருவருப்பான சுருக்கங்கள் ஏற்பட்டிருந்தது. அவருக்கு பொது மக்கள் தொடர்புடைய வேலையாகவும் இருந்தது. ஆகையால் அவர் அந்நோய்க்காக டாக்டரைக் கலந்த போது, அது நரம்பு சம்பந்தப்பட்ட நோயென்றும் (tic douloureux), நரம்பு அறுவை சிகிச்சை மூலம் சரிப்படுத்தலாம் என்றும் அவர் கூறினார். அறுவை சிகிச்சைக்காக அவர் தயாராக இருக்கும்போது, மற்றொரு டாக்டரையும் கலந்தாலோசித்ததால் அதிலிருந்து, நீரிழிவு உள்ள குடும்பத்தில் இந்நோய் வருவது வழக்கமென்றும் அறிந்து கொண்டார். அவரை நீரிழிவிற்குரிய சோதனைகள் செய்தபோது அதற்குறிய குறிகள் இருப்பதாகத் தெரிந்தது. அதற்காக இன்சுலின் (Insulin) கொடுத்ததும் அந்த அருவருப்பு நிலை குறைய ஆரம்பித்தது. அதனால் அறுவை சிகிச்சை நிறுத்தப்பட்டது. அந்த நோயாளிக்கு நேர இருந்த விபத்தான நிலை தவிர்க்கப்பட்டது. அவருடைய குடும்ப பரம்பரையைப்பற்றி விசாரித்ததும் இக்குணம் வழி வழியாக வருவதும் தெரிந்தது. மருத்துவ நிபுணத்துவத்துடன் மரபியல் அறிவும் இருந்தால் அதிக நன்மை பயக்கும். பெரும்பாலான பெரிய நோய்கள் பரம்பரையாகத் தோன்றுவனவே.

மற்றும், திருமண தம்பதிகளைத் தேர்ந்தெடுப்பதில், அவர்களுடைய பரம்பரையில் சில பரம்பரை நோய்கள் இருந்தால் மற்ற-

வருடைய குடும்பத்திலும் அது இருந்தால் அத்திருமணத்தைத் தவிர்ப்பதும் நல்லது. நல்ல பரம்பரையைத் தேர்த்தெடுப்பதற்கும் இம்மரபியல் அறிவு வாய்ப்பளிக்கிறது. மரபியல் ஆலோசனைக் கூடங்கள் (Genetic Councelling) ஆங்காங்கே உண்டானால் மக்கள் கலந்தாலோசித்து நன்மைபெற வாய்ப்புண்டு. அத்துடன் திரு மணத்திற்குப்பின் விவாக ரத்து கோரி வழக்கு மன்றங்களில் வாதாடும்போது இரத்த சோதனைகள் மூலம் சில வழக்குகளைத் தீர்க்க முடிகிறது, மருத்துவ மனைகளில் குழந்தைகள் இடம் மாறி விட நேர்ந்தாலும் இரத்த சோதனைகள் மூலம் நிவர்த்திக்கப் படுகிறது. இங்கு பரம்பரையின் மூலம் எவ்வித இரத்தம் வழிவழி யாக வருகிறது என்றும் அதனுல் எந்ததொகுதி(குரூப்)குழந்தைகள் பிறக்க வாய்ப்புண்டு என்பது போன்ற நியதிகளைக் கொண்டு தீர்த்துவைக்க முடிகிறது. இதுபோலவே சொத்துரிமை வழக்கு களைத் தீர்க்கவும் மரபியல் அறிவு பயன்படுகிறது.

மரபியலின் அறிவியலில் இன ஆக்க மேம்பாட்டில் (Eugenics) என்ற கிளையும் அடங்கும் மக்கள் முன்னேற்றத்திற்கு, பரம்பரைக் கொள்கைகளைப் பயன்படுத்துவதே இத்துறை செய்யும் நன்மை யாகும்.

பரம்பரையியலைப்பற்றிய தவருன கருத்துகள்

மனிதன் தான் பார்க்கும் உண்மைகளுக்கு ஒழுங்கான விளக்கம் எதிர்பார்க்கிருன். இதன் அடிப்படையிலிருந்தே ஏன்? என்ற கேள்வி எழுகிறது. முதலில் கிடைத்த விளக்கத்தை மேலும் ஆராயாமல் ஏற்றுக் கொள்வதுண்டு. அதற்கு மறு கேள்வி இன்றி நாமே விளக்கமளிப்பதுமுண்டு. கேள்விப்படுவதை மட்டும் வைத்துக்கொண்டு பற்பல தவருன நம்பிக்கைகளையும் குருட்டுப் பழக்கங்களையும் கையாள்வதுண்டு. அம்முறையில் பரம்பரைக் கருத்துகளும் விதிவிலக்கல்ல.

'இரத்தம் ஒரு பரம்பரை நிர்ணயியாகும்' என்பது மிகப் பழமையான கொள்கைகளில் ஒன்ருகும். இரத்தபாசம், அசுத்த இரத்தம், இரத்த கலப்பு, இரத்தம் சொல்லும் என்ற வார்த்தை களை இன்றும் கேள்விப்படுகிறேம். இரத்தத்திற்கும் பரம்பரைக்கும் சம்பந்தமில்லை என்று அறிவியல் கூறினுலும் மக்கள் இன்னும் நம்புவதில்லை. மேலும் சிலர் இரத்தத்தை வேறு சாதியைச் சேர்ந்தவரிடமிருந்து பெறுவதையே எதிர்பார்ப்பார்கள். அவரிட மிருந்து சில குணங்களை அவர் பெற்று விடுவதாக எண்ணி இரத் தத்தை ஏற்றுக்கொள்ள மறுப்பார்கள். இதில் உண்மையில்லை.

சிலருக்கு உடலில் உள்ள இரத்தம் பூராவும் எடுக்கப்பட்டு வேறொருவரிடமிருந்து புதிய இரத்தம் ஏற்பட்டதில் எந்த மாறு தலையும் காணமுடியவில்லை. ஏனெனில் இரத்தம் என்பது உடற் திசுக்களில் ஒருவகையே. பரம்பரைக் குணங்கள் உடலின் மற்றொரு திசுவில் உண்டான இனச் செல்கள் மூலமே பரவுகின்றன.

மற்றொரு தவறான கருத்து யாதெனில் ஒருவருக்கு இளம் வயதில் பிறக்கும் குழந்தைகளைவிட முதிர்ந்த நிலையில் பிறக்கும் குழந்தைகளுக்கு மிக்க அறிவும், நற்குணங்களும் இருக்கும் என்று எண்ணுகிறார்கள். இதிலும் உண்மை இல்லை. வயது அதிகமாக ஆக, அறிவாற்றல் அதிகமாவதால் அப்போது பிறக்கும் குழந்தை கள் அதிக வீரியமுடையவர்களாகிறார்கள் என்றும் கருதுகிறார்கள். பரம்பரையியலைப் பொறுத்தவரையில் ஒருவருடைய வாழ்நாளின் காலத்திற்கும் அவருக்குப் பிறக்கும் குழந்தை மரபுரிமையாக அடைதலுக்கும் சம்பந்தமில்லை. முதிர் நிலையையடையாத தாயின் கருப்பையும் இடுப்பும் சிறியதாக இருப்பதால் வளர்ந்த குழந்தை வெளிவர இடையூறாக இருக்கும் என்பதைத் தவிர வேறொன்றுமில்லை. இவ்விதமான சூழ்நிலை ஏற்படுவதற்கும் பரம்பரையியலுக்கும் தொடர்பில்லை. சில நாட்களுக்குமுன், ஐந்து வயது தாயின் (five year child) உடலிலிருந்து, சிசேரியன் அறுவை சிகிச்சை மூலம் சாதாரண குழந்தை ஒன்று எடுக்கப் பட்டது! இங்கு குறிப்பிடத்தக்கதாகும். இக்குழந்தை பெரியவ னாக வளர்ந்து, சுயநிலையிலும் சாதாரண மனிதத் தன்மையிலும் இருக்கிறான். இனப்பெருக்க காலத்தைக் கடந்த ஒரு தாய்க்கு பிறக்கும் குழந்தை சூழ்நிலையின் விளைவாக பாதிக்கப்படுவதும் உண்மையாகும்.

மாட்டுப் பண்ணை உரிமையாளர்கள் கூட இம்மாதிரியே கருதுகிறார்கள். சிலர் குறிப்பிட்ட காலத்திற்குப்பின் காளைகளை கருதரிக்கப் பயன்படுத்துவதில்லை. இதனால் பல நல்ல சாதி மாடுகள் நிராகரிக்கப்படுகின்றன.

சாராயம், நிக்கேட்டின், மார்பின் போன்ற மருந்து வகைகள், இனவிருத்தி செல்களைப் பாதிப்பதாகக் கருதுகிறார்கள். இதனால் குழந்தைகளும் பாதிக்கப்படும் என்று நம்புகிறார்கள். இம் மருந்து வகைகள், விந்துகளைப் பாதித்து, குழந்தைகளையும் பாதிப்பதாகக் கருதுகிறார்கள். அதிகமாக சாராயம் குடித்தால் அவருடைய இனவிருத்தி சுரப்பி பாதிக்கப்படுவதால், குழந்தை உண்டாகாது என்பது உண்மையே. ஒரு தாய் குடிக்க ஆரம்பித் தால் தன் வயிற்றில் வளரும் குழந்தை பாதிக்கப்படுவதும்

உண்மையே. ஆனால் பரம்பரையில் அக்குணம் வருமென்பது உண்மையல்ல.

ஆனால், முயன்று பெறப்பட்ட பண்புகளை (acquired characters) மறக்க முடியாது. லாமார்க் (Lamarck) என்பவர் இக்கொள்கையைத் தோற்றுவித்தார். பரம்பரையில் பெறப் படும் குணங்களை முயன்று பெறப்பட்டவைகள் பாதிக்க இயலாது. ருஷ்யா நாட்டில் இக்கொள்கை அரசு கொள்கையாகும். அதைப் பரப்புவதில், டீ. டி. லைசன்கோவும் (T. D. Lysanko), டுபுனினும் (Dubinin) ஈடுபட்டுள்ளனர். தக்காளி, முள்ளங்கி போன்ற வகைகளைப் பயன்படுத்தி வெற்றியும் கண்டுள்ளனர். பரம்பரை யையே மாற்றி அமைக்க முடியும் என்றும் கூறுகின்றனர்.

கர்ப்பிணியாக இருக்கும் தாய், தான் தின்ன நினைக்கும் பொருள் கிடைக்காவிடிலோ அல்லது எவ்வாறு எண்ணிக் கொண் டிருக்கிறாளோ அது அக் குழந்தையின் உடலையோ மனநிலையையோ பாதிக்கும் என்று கருதுகிறார்கள். தாய் தந்தைகளின் பரம்பரைக் குணங்களைத் தவிர மற்றவைகள் காணப்படா. தாய் ஏக்கப்பட்ட பொருட்களின் உருவமும் பிறவி அடையாளமாகப் பதியாது. பல ஆயிர எண்ணங்கள் அக்கர்ப்பக் காலத்தில் தோன்றும்; அவைகள் யாவும் அக்குழந்தைக்குப் பதிய நேரிட்டால் என்னவாகும் !!

பல புதிய கண்டுபிடிப்புகள் யாவும், சேய்ப் பெருக்க சோதனை கள் (breeding experiments) மூலம் கண்டு பிடிக்கப்பட்டவைகளே. சோதனைக்குரிய விலங்குகள் தாவரங்கள் ஆகியவற்றின் வாழ்க் கைச் சக்கரம் (life cycle) குறுகிய கால அளவுள்ளனவாக (shorter period) இருப்பவைகளாக இருக்கவேண்டும். அதிக இளங்கன்றுகளை உற்பத்தி செய்வனவாக இருக்கவேண்டும். குணங் களில் பல வேறுபாடுகள் கொண்டனவாக இருக்க வேண்டும். வசதியாகவும் மலிவாகவும் உள்ளனவாக இருக்கவேண்டும். உதாரணமாக டுரோசோபைலா, எலி, தான்ய வகைகள் போன்ற வைகளைக் கூறலாம். பாக்டீரியா போன்றவைகள் உயிர் வேதிய மரபியல் சோதனைகளுக்குத் தக்கதாகும். தற்கால நுண்ணுயிரி களின் மரபியல் ஆராய்ச்சி பல தெளிவு பெறாத பரம்பரைச் சிக்கல் களை விளக்குகிறது. ஜீனின் அமைப்பையும், அதன் செயல்களை யும் உணர வாய்ப்பளிக்கிறது.

புள்ளித் தொகுப்பியல் (Statistics) முறையில் பகுத்தறிதல், மரபியல் ஆராய்ச்சிக்கு ஒரு தூண் போன்றமையாகிறது. குடும்ப வம்சாவழியை (family pedigree) ஆராய இவ்வியல் பெரிதும்

பயன்படுகிறது. அதிகப்படியான ஒரு கை விரலோ (polydactyly) ஒட்டிய காதுப் பகுதி (attached ear lobe), சுருளும் நாக்கு(tongue rollers) போன்ற குணங்கள், ஓங்கும் வகையா அல்லது ஒடுங்கும் வகையா என்று தெரிந்து அக்குடும்ப வம்சாவழியைக் குறிக்கலாம். மரபியலில், நிகழ்ச்சித்தகவின் புள்ளித் தொகுப்பியலைத் (Statistics of Probability) தான் பயன்படுத்துகிறோம். இவ்விய லில் தற்செயல் நிகழ்வு விதிகள் (Laws of Chance) பற்றிய படிப்பும் அடங்கும்.

செல்லியலும் (Cytology) மரபியலும் அதிகத் தொடர் புடையன. செல்களின் இயற்கையமைப்பும் மற்ற விவரங்களும் சந்ததிகளில் எப்படி வழி வருகின்றன என்று நுண்ணோக்கி மூலம் ஆராயப்பட்டே உறுதிப்படுத்தப்பட வேண்டும். இதனால்தான் குரோமோசோம்கள், ஜீன்கள் எப்படி பிரிவிலும், சேய் வளர்ப்பு களிலும் பழகுகின்றன என்பதைப் பொறுத்து பரம்பரை அமை கின்றன. ஆகவே இவ்விரு அறிவியல்களையும் ஒன்று சேர்த்தே சைட்டோஜெனிட்டிக்ஸ் (Cytogenetics) என்று கூறுவதுமுண்டு. பரம்பரையைப்பற்றி பூரண விளக்கமளிக்க செல்லியல் முக்கிய அடிப்படையாகும். உடற் செயலியலும் (Physiology) அவ்வாறே தேவைப்படுகிறது. உடலின் நிறங்கள், உரோம அமைப்புகள், போன்ற உடற்குணங்களை பரம்பரை நிர்ணயிகள், எவ்வாறு வேதியற்படி பாதிக்கின்றன என்பதற்கும் இவ்வியல் பெரிதும் பயன்படுகிறது. பூனை, பூனைக் குட்டிகளையும், நாய், நாய் குட்டி களையும் உண்டாக்குகின்றன. ஏன் மாற்றி உண்டாக்கக் கூடாது? இது போன்ற மற்ற உடற் செயலியல் குணங்களுக்கும் இம்மரபியல் ஆய்வு விடையளிக்கிறது.

மரபியலின் வளர்ச்சி

இந்நூற்றாண்டின் ஆரம்பத்தில் தான் மரபியல், அறிவு தோன்ற ஆரம்பித்தது. ஆனால், கி. மு. 4000-ல் குதிரையின் ஐந்து வம்சாவழியை பேபிலோனியன் கல்வெட்டு காட்டுகிறது. மேலும் சீனர்கள், ஹைபிரிட் நெல் வகைகளை எப்படி உண்டாக்கு வது என்று இதே காலத்தில் கல்வெட்டுகளின்மூலம் தெரிவித் துள்ளனர். எம்பிடாகிள்ஸ், அரிஸ்டாட்டில் போன்ற கிரேக்கர்கள் விந்துகளின் அமைப்பை தங்கள் ஊகங்களினால் கோட்பாடு களாகத் தெரிவித்துள்ளனர். அரிஸ்டாட்டில் கூறிய இரத்தத்தி லிருந்து விந்துகள் உண்டாகின்றன என்ற கொள்கை சுமார் 2000 ஆண்டுகள் வரை நிலைத்திருந்தது! விந்துகளினுள் மனித உடலின் அமைப்பு முன்னதாகவே மனித உருவில் அமைந்து

உள்ளது என்று கூறும் இக்கொள்கைக்கு முன்பே அமைந்துள்ள கோட்பாடு (Preformation theory) என்று பெயர். இதை டச்சு நாட்டு அறிவியல் வல்லுநரான ஜேன் சுவாமர்டேம் (Jan Swammerdam) அன்று கூறினார். இன்றைய மரபியலின் வளர்ச்சி இதை ஒத்துக் கொள்ளுமா? என்னே மடமை என்று கூறும் நிலையில் தற்கால வளர்ச்சி இருக்கிறது.

1968-ல், பிரான்சில் பிறந்த மாபர்டூஸ் (P. L. Morean de Maupertuis) என்பவர் பரம்பரைக் கொள்கைகளைச் சோதனைகள் மூலம் கண்டதை விளக்கியுள்ளார். மேற்கூறிய முன் தோன்றிக் கோட்பாட்டை இவரும் எதிர்த்திருக்கிறார். விந்தில் மட்டும் அவ்வாறு முன் அமைப்பு இல்லை. ஆண், பெண் இருவர்களுடைய இனப் பொருட்கள் சேர்ந்தே புதிய கருவை உண்டாக்குகிறது என்று இவர் கூறினார்.

இவர் கூறியதின் அடிப்படையிலேயே மெண்டல் போன்றவர்கள் ஆராய ஆரம்பித்தனர். இவர் கூறிய அடிப்படை எக்காலத்திற்கும் பொருந்துவதாக அமைந்ததுடன், முதன்முதலில் வம்சாவழியை புள்ளித் தொகுப்பியல் மூலம் பகுத்தறிந்தவர் இவரே. பல விரல்கள் வழிவழித் தோன்றுவதையும் நீக்ரோக்களில் காணும், அல்பினிசத்தையும் பற்றி இவர் கணித்துள்ளார்.

1720-ல் ஜெனீவாவில் பிறந்த சார்லஸ் பானட் (Charles Bonnet) என்பவர் மாபர்டூஸ் கொள்கையை எதிர்த்தார். பெண்ணின் கருவில் அந்த சந்ததிக்குரிய உடலமைப்பு இருப்பதுடன் வரப்போகும் சந்ததிகளின் நுண்ணுருக்களும் (miniature) இருக்கின்றன என்றார். இதற்கு என்கேஸ்மெண்ட் கோட்பாடு (Encasement theory) ' பெட்டிக்குள் பெட்டி அமைவதுபோல ' என்று கூறினார்.

பதினெட்டாம் நூற்றாண்டின் பிற்பகுதியில் ஜெர்மனியைச் சேர்ந்த கேஸ்பர் பிரடெரிக் உல்ஃப் (Caspar Friedrich Wolf) என்பவர் கோழி முட்டையை ஆராய்ந்து, முன்னடியே எதுவும் உருவாகவில்லை என்று கூறியதுடன் படிப்படியாக உரு வளர்கிறது என்று கூறினார். இக்கொள்கையை எப்பிஜெனிசிஸ் (Epignesis) கோட்பாடு என்று கூறினார். இக்கொள்கை தற்கால ஜீன் கொள்கைப்படி பரம்பரை அமைதலை ஒத்திருக்கிறது.

பிரான்சு நாட்டில் 1744-ல் பிறந்த லாமார்க் (Jean Baptiste Lamarck) என்பவர் ' முயன்று பெறப்பட்ட பண்புகள் வழி வழி

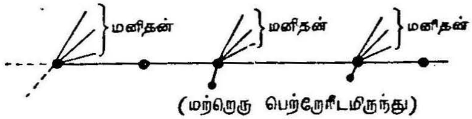
வருதலைப்பற்றிக்' (Inheritance of acquired characters) கூறினர். கருவின் அமைப்பு அது வளர்தலையும்பற்றித் தெளிவாகக் கூறினர், சூழ்நிலையினல் உயிர் எவ்வாறு பாதிக்கப்பட்டு அதனல் ஏற்படும் மாற்றங்கள் வழிவழி வர முடிகிறது என்பதைப்பற்றியும் உறுப்புகள் உபயோகப்படுத்தப்பட்டால் நன்கு வளருகின்றன என்றும் உபயோகப்படுத்தாவிடில் நன்கு வளர்ந்து சந்ததிகளில் எஞ்சிய உறுப்பாக மாறிவிடுகின்றன என்றும் விளக்கியுள்ளார்.

1809-ல் இங்கிலாந்தில் பிறந்த சார்லஸ் டார்வின் (Charles Darwin) என்பவர், பரம்பரையியலையும், படி மலர்ச்சியையும் பற்றி விளக்கினர். இயற்கைத் தேர்வு மூலம் 'உயிரிகளின் தோற்றம்' (Origin of Species) பற்றி கூறும்போது உயிரிகளில் வேறுபாடுகள் உண்டாவது சில காரணிகளினலும் (factors) அவ்வேறுபாடுகள் காரணமாக உயிரிகள் வாழ்க்கையில் அவதிப்பட்டு, தக்கவைகள் தழைக்கின்றன என்றும் மற்றவை மடிகின்றன என்றும் விளக்கினர். அக்காரணிகளே ஜீன்கள் என்று இப்போது வழங்கப்படுகிறது. மேலும் பேன்ஜெனிசிஸ் (Pangenesis) என்ற ஒரு புதிய விளக்கம் மூலம், உடற்செல், உறுப்பு யாவும் ஒவ்வொரு நுண் பேன்ஜெனிசிஸ் (Pangene-gemmule) என்ற ஒன்றை மற்ருெரு சந்ததிக்கு அளித்து ஓர் உயிரி உண்டாகிறது என்றும் கூறினர். லாமார்க் கொள்கைக்கு எதிராக இவர் கொள்கை அமைந்திருந்தாலும் டார்வின் மிகவும் எதையும் உள்ளிருப்பாக ஆராய வல்லவர் என்றும் அவர் கண்டவற்றை தெளிவாகப் படைக்கக் கூடியவர் என்றும் தெளிவாகிறது.

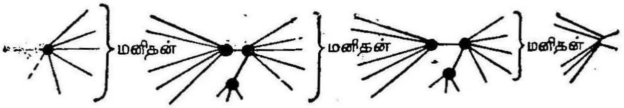
ஜெர்மனி நாட்டு உயிரியல் வல்லுநரான வைஸ்மென் (August Weismann) என்பவர் டார்வினுடைய பேன்ஜெனிசிஸ் கொள்கையை எதிர்த்து ஜெர்ம்பிளாசம் கோட்பாட்டை (Germplasm theory) வெளியிட்டார். உடலில் சோமாட்டோபிளாசம் (somatoplasm), ஜெர்ம் பிளாசம் (germplasm) என்று இரு தெளிவான பகுதிகள் உள்ளனவென்றும், முதலாவது உடல் உறுப்புகள் யாவற்றையும் (இனவுறுப்புகள் நீங்க) இரண்டாவது இனவுறுப்புகளை மட்டும் குறிக்கின்றன என்றார். இதில் ஜெர்ம் பிளாசம் வழிவழியாகின்றனவென்றும், சோமாட்டோபிளாசம் சிக்கலான உறுப்புகளாக இருப்பதுடன், இனவிருத்தி செய்ய முடியாத நிலையில் இருப்பதாகவும் கூறினர். இதைப் பல சோதனைகள் செய்தும் விளக்கினர். டார்வினின் கொள்கைக்கு இது எதிராக அமைந்துள்ளது. ஜெர்ம்பிளாசம் பரம்பரைப் பொருள்களைத் தொடர்ந்து எடுத்துச் செல்கிறது என்பதையும் டார்வினின் கொள்கையையும் கீழ்க்கண்ட படம் தெளிவுபடுத்துகிறது.

மெண்டல் (Mendel) என்ற செக்கோஸ்லோவேகியா நாட்டு பாதிரியார் தாம் வளர்த்த பட்டாணிச் செடியில் கண்டுபிடித் தவைகளை விதிகளாகப் படைத்துள்ளார். இவரே மரபியலின் தந்தையாவார். இவர் காரணிகள் (factors) என்று கூறியவை களை இன்று ஜீன்கள் (genes) என்று கூறுகிறோம். இவருடைய ஆராய்ச்சியின் முடிவுகளை டார்வின் தன் கொள்கையை விளக்கப்

ஜெர்ம் பிளாசம் கோட்பாடு (வைஸ்மென்)



பேன்ஜெனிசிஸ் கோட்பாடு (டார்வின்)



பயன்படுத்தினர். டீவரீஸ்(DeVries) என்ற டச்சு நாட்டவர் கண்ட சோதனை முடிவுகளை 1901-ல் வெளியிட்டார். இதற்கு மியூட் டேஷன் கோட்பாடு (Mutation theory) என்று பெயர். சில சந் ததிகளில் திடீரென்று ஏற்படும் மாற்றங்களின் வழி வழி வரும் தன்மையை தெளிவுபடுத்தினர். டார்வினும் இச்சிறு வேறுபாடு களைப்பற்றி குறிப்பிட்டுள்ளார். அவர் அவைகளை ''ஸ்போர்ட்ஸ்' (sports) என்றார்.

தற்காலத்தில் மரபியல் வளர்ச்சி உச்ச நிலையில் இருக்கிறது. மாலிக்யூலர் மட்டத்தில் (molecular level) மரபியல் வல்லுநர்கள் ஆராய்ந்து பல புதிய விளக்கங்களும் கண்டுள்ளனர். ஜீனின் அமைப்புப் பற்றியும், அவைகளின் வேலைகள் என்ன என்பதுபற்றி யும் இப்போது தெளிவாக விளங்கும் நிலையில் இருக்கிறது. பல விடுபட்ட இடங்கள் தற்சமயம் பூர்த்தியாக்கப்பட்டு வருகின்றன. வைரஸ், பாக்டீரியா போன்ற நுண்ணுயிரிகளின் மரபியலும் (Microbial genetics) தற்போது தெளிவாக்கப்பட்டுள்ளது. பல ஆண்டுகளில் அறிந்து கொள்ளக்கூடிய உண்மைகளை சில நிமிடங் களில் இந்நுண்ணுயிரிகள் தெளிவாக்குகின்றன. இவைகளினால்

முற்காலத்தில் படிமலர்ச்சி (evolution) எப்படி நடந்திருக்கக் கூடும் என்று அறிந்துகொள்ளவும் வாய்ப்புண்டாகிறது.

இந்நூலில் ஆங்காங்கே தற்கால வளர்ச்சியைப்பற்றி தெளிவு படுத்தப்பட்டிருக்கிறது. ஒவ்வொரு புதிய மரபியல் வல்லுநரும் முன்பு அடைந்துள்ள வளர்ச்சியின் அடிப்படையின் மேலேயே ஆய்ந்து கொண்டிருக்கின்றனர் என்றும் சுட்டிக் காட்டப்பட்டிருக்கிறது. மரபியலும் மற்ற அறிவியல் போல அடர் வளர்ச்சியடைந்துகொண்டிருக்கிறது.

2. செல்லும் செல் பிரிவும்
(Cell and Cell Division)

செல்

உயிரிகளின் நுண் அணுவிற்கு 'செல்' (cell) என்று பெயர் 1591ஆம் ஆண்டில்தான் சாதாரண (ஒளி) நுண்ணோக்கி அல்லது மைக்ராஸ்கோப் (microscope) செய்யப்பட்டது. முதன் முதல் இதன் உதவியால் பார்த்தபோது உயிரிகளில் தேன்கூடு போன்ற பல சிறு சிறு அறைகள் காணப்பட்டன. பின்னர் 1665-ல் ராபர்ட் ஹூக் (Robert Hook) என்பவர் இவைகளுக்கு செல்கள் என்று பெயரிட்டார். 1833-ல் ராபர்ட் பிரௌன் (Robert Brown) என்பவர் நியூக்ளியசை (nucleus) ஓர் இன்றியமையாத மத்திய பாகமாகக் கூறினார். எம். ஜே. ஷ்லீடன் (M. J. Schleidn) என்பவர் 1839-ல் தாவரங்களில் 'செல்கள்' தாம் யூனிட் (unit) அமைப்பு என்று கூறினார். 1840-ல் தியோடர் ஷுவன் (Theoder Schwann) என்பவர் இதையே பிராணிகளுக்கும் கூறினார். இவ்விருவரின் கோட்பாடே 'செல் கொள்கை' (Cell theory) என்று இப்போது பொதுவாக வழங்கப்பெறுகிறது. இதன்படி எல்லாப் பிராணிகளும், தாவரங்களும் செல்களினாலும் செல் பொருள்களினாலும் ஆனவை என்பதாகக் கொள்ளப்படும். செல்தான் அடிப்படை யூனிட்டாகும். எப்போதும் பொருள்களுக்கும் சக்திக்கும் பண்டமாற்று நடைபெற்றுக் கொண்டே இருக்கின்றது. ஒரு செல் உயிரியல் [(உ-ம்) புரோட்டோசோவா-Protozoa; புரோட்டோஃபைட்டா - Protophyta] செல் என்பது ஒரு பிராணியை அல்லது ஒரு தாவரத்தைக் குறிக்கும். ஆனால், பல செல்களையுடைய பிராணிகளில் செல்கள் ஒன்று சேர்ந்து பற்பல வேலைகளைச் செய்கின்றன. இருப்பினும் பல செல்களையுடைய பிராணிகளின் துவக்கம் ஒரே செல்லிலிருந்துதான் உண்டாயிற்று. ஒவ்வொரு செல்லும் புரோட்டோபிளாசம் அல்லது உயிர்ப் பொருளால் ஆனது. டுஜார்டின் (Dujardin) என்பவர் 1835-ல் செல்லினுள் இருக்கும் பொருள்கள் உயிர்த்தன்மையுடையன என்ற கருத்தை

வெளியிட்டார். இப்பொருளை சார்க்கோட் (Sarcod), அதாவது, சதை என்று அழைத்தார். பதினேராண்டிற்குப் பின் 1846-ல் வான் மோஹல் (Von Mohl) என்பவர்தாம் புரோட்டோபிளாசம் என்ற புதுச் சொல்லை உண்டாக்கினர். புரோட்டோபிளாசம் என்றால் 'முதலுடல்' என்று பொருள்.

பிராணிகளின் செல்கள் பெரும்பாலும் மிகச் சிறியன. இதன் அளவு யாதெனில், 0·001 மில்லிமீட்டர் (மி.மீ.) அல்லது (1000 மைக்ரான் = 1 மி.மீ.) ஒரு மைக்ரான் ஆகும். செல்களின் அளவு ஒவ்வோர் இனத்திலும் வேறுபடும். மிகச் சிறிய செல்லுடையது பாக்டீரியா (bacteria) தான். மனித இரத்தச் செல்களின் சராசரி விட்டம் (diameter) 7.5μ, மற்றச் செல்களின் அளவு 10 முதல் 50μ வரை இருக்கும். பெரிய பிராணிகளில் சில நரம்புச் செல்கள் பல அடி நீளமிருக்கும். பறவைகள், சுறு மீன்கள் இவைகளின் முட்டைகளிலுள்ள யோக் (yolk) செல்கள் மிகப் பெரியன. உதாரணமாகக் கோழி முட்டையிலுள்ள யோக்கின் நீளம் 30 மி.மீ. விட்டமுடையது. நெருப்புக் கோழி முட்டையின் யோக்கின் நீளம் 80 மி.மீ. ஆகும்.

செல்லின் அமைப்பு (Cell Structure)

செல் புரோட்டோபிளாசத்தால் ஆனது. ஒரு பிராணியின் செல்லில் சைட்டோபிளாசம் (Cytoplasm), உட்கரு அல்லது நியூக்ளியஸ் (nucleus) என இரு பகுதிகள் உண்டு (படம் 1) இவைகளுக்கு வெளியில் செல் சுவர் (cell wall) இருக்கிறது. தாவரத்தில் இச்சுவர் செல்லுலோஸ் (cellulose) என்ற மரச்சத்தினுல் ஆனது. பிராணிகளின் செல்லில் இப்பொருள் இல்லை.

பிளாஸ்மா சவ்வு (Plasma Membrane)

இரு செல்களுக்கு இடையேயுள்ள சவ்விற்கு பிளாஸ்மா சவ்வு என்று பெயர். இது மெல்லிய சவ்வாகும். ஒளி மைக்ராஸ்கோப் மூலம் இதைப் பார்க்க முடியாது. எலெக்ட்ரான் மைக்ராஸ்கோப் மூலமே இதைக் கண்டறியலாம். இது சுமார் 75—100 Å அளவு தடித்திருக்கும். (1 Å $= 10^{-8}$ cm) இது மூன்று அடுக்குகளாலானது. அவைகளின் இரசாயன அமைப்பு லிப்போபுரோட்டீன் (lipoprotein) அல்லது கொழுப்புப் புரதத்தினுலானது. இச்சவ்வு இறுக்கமாக (tight) அமையாமல் உள்ளும் வெளியும் மடிந்து அமைந்திருக்கிறது.

வெளிப்புறச் சூழ்நிலை எவ்வாறிருப்பினும் இச்சவ்வு, செல்லின் உள்ளமைப்பைப் பராமரித்துக் கொண்டு வருகிறது. சவ்வூடு

பரவுதலின் அழுக்கத்தைச் செல்களுக்கிடையேயும், செல்களி னுள்ளேயும் உள்ள திரவத்தைச் சமமமாக ஆக்கியும், அடக்கியும், பராமரித்தும் வருகிறது. சூழ்நிலேயிலுள்ள கூட்டுப் பொருள் களுடன் எப்போதும் செல்கள் இச்சவ்வுகள் வழியாகப் பண்ட மாற்றுதல் செய்து கொள்கின்றன. இந்நிகழ்ச்சியின்போது சவ்வுப் பொருள்களைத் தேர்வு முறையில் பொறுக்கி அனுப்புகிறது. இப் பண்பிற்குச் சவ்வினுடைய லிப்போபுரோட்டீன் இயற்கை அமைப்பே காரணமாக இருக்கலாம் என்று கருதப்படுகிறது. ஒரு சில மாலிக்யூல்கள் மட்டும் உள்ளே செல்லவும் மற்றவைகளுக் குத் தடுப்பாகவும் இச்சவ்வு இருக்கிறது.

உள் பிளாசத்தின் வலையமைப்பு (Endoplasmic Reticulum)

சைட்டோபிளாசத்தில் (நியூக்ளியஸ் நீங்கலாக) பல நுண் குழல்களும், குமிழ்களும் தட்டையான பைகளும் ஒன்றோ டொன்று சவ்வினுல் பின்னப்பட்டு வலைபோன்று அமைந்திருக் கின்றன. அவைகள் யாவும் இடைத் தொடர்புடனும் இருக் கின்றன. இது சைட்டோபிளாசத்தை இருபெரும் பகுதியாகப் பிரிக்கிறது. ஒன்று சவ்வின் உட்பகுதியாகும்; மற்றொன்று வெளியில் அமைந்துள்ள பகுதியாகும்.

உள்பிளாசத்தின் வலையமைப்புப் பாலூட்டிகளின் சிவப் இரத்தக் கார்ப்பசில்கள் தவிர மற்றெல்லாச் செல்களிலும் காணப் படுகிறது. இவ்வலையின்தன்மை ஒவ்வொன்றிலும் வேறுபட்டிருக் கும். இந்தச் சவ்வு இரட்டையாக இருப்பதாகச் சிலர் கருதுகிறார் கள். இது பிளாஸ்மா சவ்வுடன் தொடர்ந்தும், நியூக்ளியர் சவ்வுடன் இணைந்தும் காணப்படுவதாகக் கருதுகிறார்கள்.

வலையமைப்பில் இரு மாதிரிகள் உண்டு. ஒன்று துகள்களாக வும் உருண்டையாகவும் இருக்கும். ரைபோசோம்கள் வெளியில் அமைந்திருக்கின்றன. மற்றொன்று துகள்கள் இல்லாமல் மழமழப் பாக இருக்கும். இவ்விரண்டிற்கும் தொடர்புண்டு.

இப்பிளாசத்தின் வேலை தெளிவாகத் தெரியவில்லை. (1) புர தம் தயாரித்ததிலும், அதைப் பிரித்துச் செல்லிலிருந்து வெளி யனுப்புவதிலும் பங்கு கொள்கிறது. (2) கிளைக்கோஜன் சேமிப் பிலும் அதை வெளிவிடுவதிலும் வேலை செய்கிறது. (3) ஸ்டீராய் டுகள் சுரப்பதிலும் பங்கு கொள்கிறது. செல்லின் உள்ளேயே ஏற்படும் போக்குவரத்துகளிலும் வேலை செய்கிறது. மற்றபடி உறுதியாக எதையும் கூறமுடியாது.

சைட்டோபிளாசம் (Cytoplasm)

ஒரு செல்லின் சைட்டோபிளாசம் ஒரு காலியான பகுதியாகத் தெரிகிறது. இதனுள் மிட்டோகாண்ட்ரியா, வெற்றிடங்கள் முதலியன இருக்கின்றன. இதனுள் RNA யும் இருக்கிறது. இப்பகுதி சைட்டோபிளாசத்தை ஹைலோபிளாசம் (hyaloplasm) என்றும் கூறுவதுண்டு.

ரைபோசோம் (Ribosome)

இதை எலெக்ட்ரான் மைக்ராஸ்கோப் மூலம் காண முடியும். சுமார் 10 ஆண்டுக் காலமாகத்தான் இதனுடைய அமைப்பும் முக்கியத்துவமும் தெரிய வந்துள்ளது. இது RNA யும் புரதமும் சேர்த்து உண்டாக்கப்பட்டது என்று தற்போது தெளிவாகத் தெரிகிறது. அவைகள் எல்லாத் திசுக்களிலும் இருக்கின்றன என்றும், புரதம் தயாரிப்பதில் (protein synthesis) முக்கியப் பங்கு கொள்கின்றன என்றும் தெரிகிறது.

இதன் ரைபோசோம் யூனிட் கோள வடிவமாக 250Å/150Å இருக்கும். இந்த யூனிட்டு பல துணை யூனிட்டுகளுடன் இணைந்திருக்கும். இவைகள்தாம் செல்லில் புரதம் தயாரிக்கத் தளமாகப் பயன்படுகின்றன. இவ்வேலையில் அமினோ அமிலங்கள் சேர்ந்து பாலிபெப்டைட் சங்கிலிக் கோவையைப் பூர்த்தி செய்கிறது.

மிட்டோகாண்ட்ரியா (Mitochondria)

இவைகள் துகள்களாகவும், இழைகளாகவும்,கோல்போன்றும் தாவரம், பிராணி ஆகிய இரண்டினுடைய செல்களின் சைட்டோபிளாசத்திலும் அமைந்திருக்கின்றன. ஆனால் பாக்டீரியாவிலும், சிவப்புக் கார்ப்பசில்களிலும் (RBC) இல்லை. இவைகள் பிளாஸ்டிக் போன்றிருப்பதால் பல உருவமைப்பில் தோற்றமளிக்கின்றன. அதனுடன் அடிக்கடி அமைப்பை மாற்றிக் கொள்ளும். சுமார் $0 \cdot 5 \mu$ அகலமும் $0 \cdot 2 \mu$ நீளமும் இருக்கும். அவைகளின் எண்ணிக்கை மாறுபடும்.

எலெக்ட்ரான் மைக்ராஸ்கோப் மூலம் ஆராய்ந்ததில், இவைகள் இரு சவ்வுகளுடனும், உள்ளே அரைகுறையான தடுப்புகளினாலான பல அறைகளுடனும் தோற்றமளிக்கின்றன. இவைகள் தாம் சக்தியை வெளிப்படுத்துகின்றன. ஆக்சிடேஷன் (oxidation) அல்லது உயிரக இணைவு, பாஸ்ஃபாரிலேஷன்

(phosphorilation) அல்லது பாஸ்பர இணைவு போன்ற முக்கிய வேலைகளுக்கு இடமாக இருக்கின்றன. இவைகளினுள் பல ஆக்சிடேட்டிவ் என்சைம்கள் இருக்கின்றன. இவைகளையே செல்லின் 'விசையாற்றல் செயலகம்' அல்லது 'பவர் ஹவுஸ்' (power house) என்றும் கூறுவதுண்டு. ஏனெனில், இவைகள் தாம் ATP — ADP பாஸ்பேட்டுகளைப் பிரித்துப் பயன்படுத்து மளவிற்குப் பக்குவப்படுத்துகின்றன. மற்றும் ஆக்ஸிடேட்டிவ் வேலைகளுக்கு எலெக்ட்ரான்களைக் கொடுக்கின்றன. ATP தயாரிப்பில் எலெக்ட்ரான்களை மாற்றுகின்றன. இவ்வேலைகளை இரு சவ்வுகளும் சேர்ந்து செய்வதாகத் தெரிகிறது.

லைசோசோம் (Lysosome)

இவைகள் செல்லின் முக்கியப் பாகமாகும் இவைகள் சற்றுக் கோள வடிவமாக இருக்கும். பல சீரண என்சைம்களை உட்கொண்டிருக்கின்றன. அவைகளைச் சுற்றி லிப்போபுரோட்டீனுலான ஒரு மெல்லிய சவ்வு உண்டு. இச்சவ்வு அந்தச் சக்தி வாய்ந்த என்சைமுக்கும் செல்லின் மற்றப் பாகத்திற்குமிடையே ஒரு கெட்டியான தடுப்புக் கேடயம் போன்று இருக்கிறது. அந்தச் சவ்வு காயம் பட்டால் என்சைம்கள் வெளிவந்து செல்லையே கரைத்துவிடுகின்றன. இவைகள் அமீபாவிலுள்ளதுபோல அந்தச் செல்லின் உள்சீரணத்தில் முக்கியப் பங்கு கொள்கின்றன. இரத்தத்தின் வெள்ளைக் கார்ப்பசில்கள் (WBC, ஷுகர்) பாக்டீரியாக்களை எவ்வாறு அழிக்கின்றனவோ அவ்விதமே இவைகளும் செய்கின்றன. ஆகையினுலேயே உடலின் பாதுகாப்பிலும் பங்கு கொள்கிறது. உடலில் ஆங்காங்கே ஏற்படும் திசுக்களில் அழிவிலும், அதனுல் திரும்பவும் உண்டாகும் புதுத்திசுக்கள், உறுப்புகள் ஆகியவற்றின் வளர்ச்சியிலும் பங்கு கொள்கின்றன.

சென்ட்ரோசோம் (Centrosome)

சென்ட்ரோசோம் சாதாரண நிலையில் அவ்வளவு தெளிவாக ஒளி மைக்ராஸ்கோப் மூலம் தெரிவதில்லை. இடைநிலையில் (interphase) தெரியக்கூடும். ஆனுல், மிட்டோசிஸ் செல்பிரிவின் போது சென்ட்ரோசோம் தெளிவாகத் தெரியும்.

உயர்தாவரங்களைத் தவிர மற்றெல்லாச் செல்களிலும் இவைகள் இருக்கின்றன. இவைகளைச் சுற்றிலும் ஓர் எளிய இடம் தெரியும். இதற்கு சென்ட்ரோஸ்ஃபியர் (Centrosphere) என்று பெயர். எலெக்ட்ரான் மைக்ராஸ்கோப் மூலம் பார்த்தால் 150 nμ குறுக்களவுள்ள ஓர் உருளைபோல் தெரியும். இவ்வுருளை

யின் சுவர் 150 – 200Å குறுக்களவுள்ள இழைகளினால் ஆனது. இவ் இழைகள் இரு கட்டுகளாகவும் ஒன்றிற்கொன்று நேர் கோணத்திலும் அமைந்துள்ளன. சென்ட்ரோசோம் பொதுவாக நியூக்ளியஸுக்கு அருகில் இருக்கும். செல்பிரிவின்போது இரட்டை யாகி இருகோடிக்கும் நகர்ந்து ஸ்பிண்டில் அமைப்புடன்தொடர்பு கொள்ளும்.

கோல்கை உறுப்புகள் (Golgi Bodies)

கோல்கை என்பவர் 1898 ஆம் ஆண்டில் இவ்வுறுப்புகளைச் செல்களில் கண்டார். அப்போது இவைகளுக்கு ஒன்றும் வேலை யில்லை என்று நினைத்தார்கள். எலெக்ட்ரான் மைக்ராஸ்கோப் மூலம்பார்த்து டால்ட்டன் (Dalton), ஃபெலிக்ஸ் (Felix) போன்ற விஞ்ஞானிகள் கோல்கை உறுப்புகளை வருணித்துள்ளார்கள். இவ்வுறுப்புகள் இரு சவ்வுகளால் சூழப்பட்ட வெற்றிடங்களைக் கொண்டிருக்கின்றன. இச்சவ்வுகள் எண்டோதீலியல் வலையுடன் இணைந்து காணப்படும். இவைகளில் ரைபோசோம்கள் இல்லை.

சுரக்கும் வேலையை இவைகள் மேற்கொள்ளுகின்றன. மற்றும் கொழுப்பைச் சேமிக்கும் வேலையிலும் பங்கு கொள்வ தாகத் தெரிகிறது. விந்துவின் அக்ரோசோம் (acrosome) கோல்கை உறுப்புகளிலிருந்து உண்டாகிறது.

நியூக்ளியர் சவ்வு (Nuclear Membrane)

இச்சவ்வு நியூக்ளியஸையும், சைட்டோபிளாசத்தையும் பிரிக்கிறது. இது வேதியியல், பௌதிகக் கொள்கைகளில் மற்ற மெட்டா பொலேட்டுகளைக் காட்டிலும் வேறுபட்டே இருக்கிறது. புரோட்டீன் தயாரிப்பின்போது பொருள்கள் இந்தச் சவ்வின் மூலமே ஓடுகின்றன. சைட்டோபிளாசத்திலுள்ள எண்டோ தீலியல் வலையமைப்பு இச்சவ்வுடன் தொடர்ந்தே காணப் படுகிறது. இவ்விரு சவ்வுகளுக்கு மிடையே 20-40μ அளவு இடை வெளி இருக்கிறது. சிற்சில இடங்களில் இத்தொடர்ச்சி சிறு துவா ரங்களினால் தடைப்பட்டு அவ்விடங்களில் சைட்டோபிளாசம் தொடர்ந்து காணப்படுகிறது. நியூக்ளியஸின் ஓரங்களில் காணப் படும் குரோமேட்டினுடன் உட்புறச் சவ்வு தொட்டுக் கொண் டிருக்கும். தற்கால ஆராய்ச்சியின்படி நியூக்ளியர் துவாரங்கள் அடைபட்டிருப்பதாகக் கருதுகிறார்கள். இச்சவ்வுகளின் மூலம் சிறு மாலிக்யூல்கள் செல்ல முடியும் என்று தெரிகிறது.

நியூக்ளியோலஸ் (Nucleolus)

ஃபான்டனு (Fantana) என்பவர் இதை 1781ஆம் ஆண்டு கண்டறிந்தார். பெரும்பாலான செல்களில் இது நன்கு தெரியும். ஒளி மைக்ராஸ்கோப் மூலம் பார்க்கும் போது, இது ஒரே பொருளாலானது (homogenous) போன்று தெரிகிறது. ஆனல் எலெக்ட்ரான் மைக்ராஸ்கோப் மூலம் பார்த்தால் இரு பாகங்கள் தெரிகின்றன. ஒன்று இழை போன்ற நியூக்ளியோநீமா (Filamentous nucleonema), மற்றொன்று பார்ஸ் அமார்ஃபா (Pars amorpha). செல் பிரியும்போது நியூக்ளியோநீமா சமமாகப் பிரிந்து இரு சேய் நியூக்ளியோநீமாவாகவும், அதில் DNAயும், பார்ஸ் அமார்ஃபாவில் RNA யும் இருப்பதாகக் கருதுகிறார்கள். நியூக்ளியோலஸின் காலி இடத்தில் 150Å அளவுள்ள துகள்கள் (granules) நிரம்பியிருப்பதாகத் தெரிகிறது.

இதன் அமைப்பு சைட்டோபிளாசத்தின் செயலியல் நிபந்தனையினுல் நிர்வகிக்கப்படுகிறது. மிட்டோசிஸ் பிரிவின் போது முதல் நிலையில் மறைந்தும், கடைசி நிலையில் திரும்பத் தோன்றியும் வட்ட மாற்றம் (cyclical change) நடைபெறுகிறது.

நியூக்ளியோலஸ் கீழ்க்காணும் வேலைகளைச் செய்கின்றன; வளரும் திசுக்களில் இது பெரியதாக இருக்கும். புரோட்டீன் தயாரிப்பு மெதுவாக நடந்தால் இது சிறிதாகித் தெரியாமலிருக்கும். இதனுல் புரதத் தயாரிப்பில் முக்கியப் பங்கு கொள்கின்றன என்று தெரிகிறது. இது RNAயின் வளர்சிதை மாற்றத்திலும் கூட்டு-என்சைம் (co-enzyme) தயாரிப்பிலும் தலையிடுவதாகத் தெரிகிறது. குரோமோசோம்களுக்கும், சைட்டோபிளாசத்திற்கும் இடையே ஏற்படும் மாறுதல்களிலும் இது பங்கு கொள்வதாகக் கருதுகிறார்கள். நியூக்ளியஸ் வேலை செய்ய சக்தியைக் கொடுக்கும் ஒரு ரிசர்வாயர் ஆக இருக்கிறது என்றும யூகிக்கப்படுகிறது.

நியூக்ளியஸ் (Nucleus)

இது ஒரு சவ்வினுள் மூடப்பட்டிருக்கிறது- இதுவே செல்லின் பெரிய பகுதியாகும். பரம்பரைக் குணங்களை வழிவழியாக அனுப்பும் குரோமோசோம்கள் இதில் அடங்கியுள்ளன. இது DNA, RNA தயாரிப்புகளுக்கு ஒரு முக்கிய மையமாக விளங்குகிறது. இவைகள் குரோமேட்டின் இழைகளினுள் அடங்கியிருக்கின்றன. குரோமோ சோம்கள் செல் பிரிவுகளின் இடைவேளையில் தெரியாமலும், பிரிவின்போது நன்ருகத் தெரிந்தும் காணப்படும்.

செல் பிரிவு (Cell Division)

விலங்குகளின் இனவிருத்தி, விந்தும் அண்டமும், இணைவதினால் ஏற்படுகிறது. அவ்வாறு சேரும்போது அவற்றினுள் உள்ள குரோமோசோம்கள் ஒன்று சேர்கின்றன. விந்தும், அண்டமும் உண்டாகும் போது பாதியாகக் குறைந்த குரோமோசோம்களின் எண்ணிக்கை கருத்தரிக்கும் போது முன்னிருந்த நிலைக்கே வந்து விடுகின்றது. உதாரணமாக மனிதனின் விந்து செல்லில் 23 குரோமோசோம்கள் இருக்கின்றன. அவ்வாறே அண்டத்திலும் உள்ளது. இவ்விரண்டும் ஒன்று சேரும்போது 46 ஆகின்றன. இம்மாதிரியே ஒவ்வொரு தாவர விலங்கினங்களிலும் நடைபெறுகிறது. ஒரு தலைமுறையிலிருந்து மற்றொரு தலைமுறை உண்டாகும் போது இம்மாதிரியே ஏற்படுகிறது. ஆண், பெண் என்ற இருசாரர்களிடமிருந்து குரோமோசோம்கள் வருவதனால் இருவருடைய குணங்களும் தம் மக்களிடம் காணப்படுகின்றன. சம அளவு குரோமோசோம்கள் வருவதினால் ஒவ்வொரு பெற்றோரும் சம அளவே பரம்பரைக் குணங்களைப் பாதிக்க முடிகிறது. மேலும் ஆண்பால், பெண்பால் என்பவற்றை நிர்ணயிக்க இனக் குரோமோசோம்கள் (sex chromosomes) இருக்கின்றன.

விந்துவிலும் அண்டத்திலும் நீண்ட மிகக் குறுகிய குரோமோசோம்கள் இருக்கின்றன. கருத்தரித்த செல்லில் ஒவ்வொரு சோடிக் குரோமோசோம்கள் காணப்படுகின்றன. அவற்றிற்கு ஒத்த குரோமோசோம்கள் (homologous chromosomes) என்று பெயர்.

விந்துவிலிருந்தாலும், அண்டத்திலிருந்தாலும் எல்லாக் குரோமோசோம்களுக்கும் ஓரினக் கூட்டு (செட் = n) என்று பெயர். எந்த ஒரு செல்லில் ஓரினக் கூட்டுக் குரோமோசோம்கள் இருக்கின்றனவோ அதற்கு ஒற்றை எண், (Haploid = n) செல் என்று பெயர். இரண்டு ஓரினக் கூட்டு இருந்தால் இரட்டை எண் (Diploid = 2n) செல் என்று பெயர். ஆகவே விந்தும், அண்டமும் ஒற்றை எண் செல் (n) என்றும், கருத்தரித்த முட்டை இரட்டை எண் செல் (2n) என்றும் பெயர் பெறுகின்றன.

கருத்தரித்ததும் கரு வளர ஆரம்பிக்கிறது. வளர்ச்சி என்பது இங்கு ஒரு செல் இரண்டாகி, இரண்டு நாலாகி மேலும் மேலும் அதிகமாகிக்கொண்டே சென்று பின் உறுப்புக்கள் உண்டாவதாகும். ஆனால் அது பிரிவதற்கு முன் குரோமோசோம்கள் தான்

முதலில் தோன்றுகின்றன. அவை நீளவாட்டில் இரண்டாகப் பிரிந்து மத்தியக் கோட்டில் வரிசையாக அமைகின்றன. இழைகளினால் இணையப் பெற்று இரு துருவங்களுக்கும் நகர்ந்து விடுகின்றன. செல் இரண்டாகப் பிரிந்து ஒவ்வொன்றிலும் பிரிக்கப்பட்ட குரோமோசோம்கள் இருக்கின்றன. பிறகு இவை வளர்ந்து பழைய நிலையை அடைகின்றன. இவ்வாறே ஒவ்வொரு முறையும் நடக்கிறதால் குரோமோசோம்களின் எண்ணிக்கை குறைவதில்லை. ஒவ்வொரு செல்லும் அவ்வாறே பிரிந்து நான்கு செல்களாகின்றது. இறுதியில் 46 குரோமோசோம்களே இருக்கின்றன.

1. நேர்முகப் பிரிவு (Direct Division or Amitosis)
2. மறைமுகப் பிரிவு (Indirect Division or Mitosis)
3. குன்றல் பிரிவு அல்லது மியோசிஸ் (Meiosis)

நேர்முகப் பிரிவு (Amitosis)

இது ஒரு சாதாரணப் பிரிவாகும். செல்லானது நியூக்ளியஸின் நடுவில் சுருக்கம் (constriction) ஏற்பட்டு இரண்டாகப் பிரிகிறது. உடனடியாகச் சைட்டோபிளாசமும் இரண்டாகப் பிரிகிறது. இம்மாதிரிப் பிரிவு புரோட்டோசோவாவிலும் (protozoa) கருவறைச் சவ்விலும் (foetal membrane) நடைபெறுகின்றது.

மறைமுகப் பிரிவு அல்லது மைட்டோசிஸ் (Mitosis)

இப்பிரிவில் நியூக்ளியஸ் பிரிவதற்கு முன் பல சிக்கலான மாறுதல்கள் ஏற்படுகின்றன. அப்போதுதான் குரோமோசோம்கள் நன்றாகத்தெரியும். இவை நகரும் போக்கிற்குக் கெரியோகினிசிஸ் (Karyokinesis - Karyon-nucleus; kino = move = நகர்தல்) அல்லது நியூக்ளியஸ நகர்தல் என்று கூறப்படுகிறது. இப்போது ஏற்படும் மாறுதல்களை நான்கு பிரிவுகளாகப் பிரிக்கலாம். நான்கு பிரிவுகளாகப் பிரித்தாலும், நிகழ்ச்சிகள் யாவும் தொடர்ந்தே நடைபெறுகின்றன. அவையாவன:

1. முதல் நிலை (Prophase)
2. மாற்று நிலை (Metaphase)
3. ஆக்க நிலை (Anaphase)
4. முடிவு நிலை (Telophase)

பிரியா நிலைச் செல்களை இடைநிலைச் செல் (Interphase cell) என்றும் கூறுவார்கள்.

முதல் நிலை அல்லது புரோஃபேஸ் (Prophase)

இந்நிலைதான் பிரிவினைக்குத் தயாராகும் நிலையாகும். சைட்டோபிளாசத்திலுள்ள மற்ற உட்பொருள்கள் யாவும் சிதறியும் இடம் தெரியாமலும் இருக்கும். இப்போது நியூக்ளியஸி னுள் நூல்போன்ற குரோமோசோம்கள் தோன்றுகின்றன. ஒவ்வொரு செல் பிரிவிற்குப் பின்னும் குரோமோசோம்கள் பிரிக் கப்பட்டு, ஒரு நீண்ட நூல்போல் ஆகி ஒன்றோடொன்று பின்னிக் கொள்ளும். இதற்கு முன் நிகழ்ச்சியாகச் சென்ட்ரோசோம் இரண்டாகப் பிரிந்து, ஒவ்வொரு பிரிவும் உட்கருவின் எதிரெதி ரான துருவத்திற்குச் செல்கின்றது. இவ்விரு சேய்ச் சென்ட்ரோ சோம்களைச் சுற்றிக் கதிர்களான ஆஸ்டர்கள் (asters) காணப் படும். ஆஸ்டர் என்பது மத்தியச் சேய்ச் சென்ட்ரோசோமும் கதிர்களும் சேர்ந்ததாகும்.

இதற்கிடையில் சில முக்கிய நிகழ்ச்சிகள் நியூக்ளியஸில் நடை பெறுகின்றன. நூல் போன்று தென்பட்ட குரோமோசோம்கள் இப்போது நன்கு குட்டையாகவும் மொத்தமாகவும் அதற்குரிய அமைப்பைப் பெறுகின்றன. இதே சமயத்தில் ஒவ்வொரு குரோமோசோமும் இரட்டிக்கிறது. எவ்வாறெனில், ஜீன்கள் ஒன்று சேர்ந்துள்ள பொருள்களைக் கொண்டு முன்னதைப்போல் மற்றொன்று உண்டாகிறது; ஆனால் பிளவு முறையில் அன்று. ஆகையால், ஒவ்வொரு குரோமோசோமும் அதேபோல் மற்றொன்றை இணையாக வைத்துள்ளது. இவ்விணைகளுக்குக் குரோமேட்டிட்கள் (chromatids) என்று பெயர். குரோமோ சோம்கள் உருவாக்கப் பெற்றதும் நியூக்ளியசின் சவ்வு கொஞ்சங் கொஞ்சமாக உட்கொள்ளப்பட்டுக் கடைசியில் மறைந்துவிடும். நியூக்ளியஸ் இரசத்தில் முதலில் குரோமோசோம்கள் மிதந்து கொண்டிருக்கும். ஆனால், இந்த இரசமும் சைட்டோபிளாசத் துடன் கலந்துவிடுகிறது. இதே சமயத்தில் சில இழைகள் சைட்டோபிளாசத்தில் வளர்கின்றன. இவ்விழைகள் யாவும் நூல் சுற்றும் கதிர் (spindle) போன்று ஆஸ்டர்கள் உள்ள துருவங் களில் ஒன்று சேர்ந்து காணப்படும். இவ்விழைக் கற்றைக்கு ஸ்பிண்டில் (spindle) என்று பெயர். இந்த ஸ்பிண்டிலும் ஆஸ்டர் களும் குரோமேட்டின்களால் ஆனவை அல்ல; ஆகையால், இவை நிறம் ஏற்றுக் கொள்ளா. இவ்விரு சேய் ஆஸ்டர்களும் தற்போது இரு நட்சத்திரங்கள் போலக் காணப்படும். ஆகையால் இதற்கு ஆக்ரோமேட்டிக் படம் (achromatic figure) அல்லது ஆம்ஃபியாஸ் டர் (amphiaster) என்று பெயர். குரோமோசோம்கள் இடம்

பெயர்ந்து கொண்டிருக்கும். இந்நிகழ்ச்சிவரை முதல் நிலை அல்லது புரொஃபேஸ் (prophase) என்று பெயர்.

மாற்றுநிலை அல்லது மெட்டாஃபேஸ் (Metaphase)

இந்நிலையின்போது குரோமோசோம்கள் இரட்டிக்கப்பெறு விட்டால் இரட்டிக்கப்பட்டு மிக நன்றாகவும், ஒவ்வொன்றும் இரு குரோமேட்டிட்களாகவும் (chromatids) தெரியும். ஒவ்வொரு சோடியும் பிளவினால் ஏற்பட்டதுபோல் தோன்றும். ஆனால், உண்மையில் இரட்டிக்கப்பட்டதே. சோடியில் ஒவ்வொன்றும் மற்றதை ஒத்திருக்கும். ஒவ்வொரு சோடி குரோமேட்டிட்களும் ஒரே ஒரு புள்ளியில் தான் இணைந்திருக்கும். அப்புள்ளிக்குச் சென்ட்ரோமியர் (centromere) என்று பெயர். இவற்றைச் சேய்க் குரோமோசோம்கள் என்றும் கூறுவதுண்டு. இவை யாவும் இங்கும் அங்கும் நகர்ந்து, பின்பு செல்லின் மத்தியக் கோட்டில் (equator) ஒவ்வொரு ஸ்பிண்டில் இழைக்கும் குறுக்காக அமையப் பெறுகின்றன. இம் மத்தியக் கோட்டிற்கு இப்போது மத்தியத் தட்டு (equatorial plate) என்று பெயர். இது இரு துருவங்களுக்கும் சம தூரத்திலுள்ளது. சோடி குரோமோசோம்கள் மத்தியத் தட்டில் அமையும் நிலைவரை மாற்று நிலை அல்லது மெட்டாஃபேஸ் (metaphase) என்று பெயர்.

ஆக்கநிலை அல்லது அனஃபேஸ் (Anaphase)

இப்போது சென்ட்ரோமியர் இரண்டாகப் பிரிந்து ஸ்பிண்டில் இழையுடன் இணைந்து கொள்கிறது. இதனாலேயே இதற்கு ஸ்பிண்டில் இணைவு என்று பெயர். பிரிந்த சென்ட்ரோமியரிலிருந்து ஒவ்வொரு குரோமேட்டிட் இணையும். மெதுவாகப் பிரியத் தொடங்குகின்றது. பிரிந்த ஸ்பிண்டில் இழை வழியாக இரு துருவங்கள் பக்கம் நகருகின்றன. இப்போது V அல்லது u வடிவத்தில் இழுக்கப்படுவதுபோல் தோன்றும். இந்த ஆரம்பப் பிரிவிலிருந்து சென்ட்ரோசோமுக்குப்போய் சேரும் வரை ஆக்க நிலை அல்லது அனஃபேஸ் (anaphase) என்று பெயர்.

முடிவுநிலை அல்லது டீலோஃபேஸ் (Telophase)

குரோமேட்டிட்கள் அல்லது சேய்க் குரோமோசோம்களை சென்ட்ரோசோம் பக்கம் நகர ஆரம்பித்ததிலிருந்தே இந்நிலை ஆரம்பம் என்றும் கூறலாம். இறுதியில் குரோமேட்டிட்கள் துருவத்தை அடைந்ததும் சென்ட்ரோசோமுக்கருகில் ஒன்று சேர்க்கப்படுகின்றன. குரோமோசோம்கள் பல கிளைகளாகப்

பிரிந்து, பின் ஒன்றோடொன்று பின்னிக்கொண்டு, பிரிவுக்கு முன் இருந்த ஆரம்ப நிலையை அடைகின்றன. குரோமோசோம்கள் இப்போது தெரியா. குரோமேட்டிட்கள் போல் காணப்படும். இக்குரோமேட்டின்களைச் சுற்றிப் புது நியூக்ளியஸ் சவ்வுச் சுவர்கள் உண்டாக்கப்படுகின்றன. செல்லின் ஸ்பிண்டில் மூலம் செல்லும் அச்சிற்கு (axis) செங்குத்தாகச் சைட்டோபிளாசத்தில் ஒரு சிறு பிளவு ஏற்பட்டுக் கடைசியில் செல்லையே இரு பிரிவாகப் பிரிக்கின்றது. ஒவ்வொரு பாதியும் ஒவ்வொரு நியூக்ளியஸுடன்காணப்படும். இவ்விரண்டிற்கும் சேய்ச் செல்கள் (daughter cells) என்று பெயர், செல் பிரிவதற்குச் சில நிமிடங்கள் முதல் பல மணி நேரங்களும் ஆகும். ஆனால் ஓய்வு நிலை (resting stage) பலநாள்வரை நீடித்திருக்கும். மைட்டோசிஸ் ஏற்படுவதன் முக்கியத்துவம் யாதெனில், செல்களிலுள்ள பரம்பரைப் பொருளான ஜீன்கள் (genes) சமமாகப் பங்கிடப்படுவதே. எவ்வாறெனில், குரோமோசோம்களே இவற்றால் அமைந்துள்ளன. தாய்ச் செல் குரோமோசோம்கள் சமமாகப் பிரிந்து சேய்ச் செல்களை சேருகின்றன.

குன்றல் பிரிவு அல்லது மையோசிஸ் (Meiosis)

இதுகாறும் கூறியவை: செல் பிரிவு சாதாரண செல்களில் நடைபெறுகின்றன. இவற்றில் ஒரே எண்ணிக்கை உடைய (46) குரோமோசோம்கள் இருந்தன. ஆனால் மனிதனின் விந்துவிலும், அண்டத்திலும் 23 குரோமோசோம்கள்தாம் இருக்கின்றன. இதுவே பாதி குரோமோசோம்களாகக் குறைந்து ஒற்றை எண் (haploid) குரோமோசோம்களாகின்றன. அண்டமும் விந்தும் சேர்ந்தால் 46 குரோமோசோம்களாகி ஒரே எண்ணிக்கையை உண்டாக்குகின்றன. அவ்வாறில்லாவிடில் ஒவ்வொரு சந்ததியிலும் 46-ன் இரட்டிப்பாகவே பெருகிக் கொண்டே வரும். இம்மாதிரியான இரட்டிப்பைத் தடுப்பதே குன்றல் பிரிவின் நோக்கமாகும்.

மற்றச் செல்கள் வளருவதுபோல வளர் கருவில் விந்துச் சுரப்பியும் அண்டச் சுரப்பியும் முதன் முதலில் மைட்டோசிஸ் முறையிலேயே பிரிகின்றன. முதிராத பல செல்கள் இச்சுரப்பிகளில் இருக்கின்றன. அவை முதிர்ச்சியடையும் வரை இவ்வாறு பிரிந்து கொண்டிருக்கும் விந்துச் சுரப்பியில் எப்போதும் முதிராத நிலையுடைய செல்கள் இருந்து கொண்டே இருக்கும். ஆனால் ஒரு சில மைட்டோசிஸ் முறையில் செல் பிரிவு ஏற்பட்டுத் தொடர்ச்சியாக இருப் பிரிவுகளுக்குப்பின் முதிர்ச்சி அடைவதை முதிர்ச்சிப் பிரிவு (maturation division) என்று கூறுவதுண்டு. முதல் முதிர்ச்

சிப் பிரிவில் ஒரு செல் இரு சேய் செல்களாகப் பிரிகிறது. இதில் ஒவ்வொன்றும் இரண்டாம் முதிர்ச்சிப் பிரிவைத் தொடர்கிறது. அவ்வாறு ஒரு மூலச் செல்லிலிருந்து இரு முதிர்ச்சிப் பிரிவின் மூலம் நான்கு செல்களை உண்டாக்குகின்றது. விந்துச் சுரப்பியில் இந் நான்கும் விந்துகளாக மாறிவிடுகின்றன. ஆனால் அண்டச் சுரப்பிகளில் ஒன்றே ஒன்று மட்டும் அண்டமாகிறது. மற்ற மூன்றும் சிறுத்து வேலையற்ற முனைவு (போலார்) உறுப்புக்களாக (polar bodies) மாறிவிடுகின்றன. அண்டச் சுரப்பிகளிலும், விந்துச் சுரப்பிகளிலும் இம்முறையில் பல செல்கள் முதிர்ச்சிப் பிரிவைப் பின்பற்றுகின்றன.

மேற்கூறிய குரோமோசோம்கள் குறைப்பு, முதிர்ச்சிப் பிரிவின்போது நடைபெறுகின்றது. குறைவின் ஒரு பகுதி முதல் முதிர்ச்சிப் பிரிவின்போதும், மற்றொன்று இரண்டாம் முதிர்ச்சிப் பிரிவின்போதும் நடைபெறுகின்றன. அவ்வாறு நடைபெறும் போது 'குறுக்கு எதிர்மாற்றத்தின்' மூலம் (crossing over) குரோமோசோம்களின் பொருள்களுக்கிடையில் பரிமாற்றங்கள் நிகழ்வதுண்டு. இவ்விடைப் பரிமாற்றம் ஒரு சிக்கலான நிகழ்ச்சி யாகும். இதைப்பற்றிப் பின் விவரிக்கப்படும். இச்சிக்கல் இல்லா திருந்தால் குரோமோசோம் குறைப்பு முதல் முதிர்ச்சிப் பிரிவுடனேயே நின்றுவிடும். அவ்வாறு நடைபெறும் போது இப் பிரிவைக் குன்றல் பிரிவு என்று கூறலாம். கீழே ஒரு சாதாரண நிகழ்ச்சி விவரிக்கப்பட்டுள்ளது. உதாரணமாகச் சில ஆண் பூச்சி களில் நிகழ்வதைக் காணலாம்.

சுருக்கமாகக் கூறவேண்டுமானால் குன்றல் பிரிவு நிகழவேண்டிய ஒரு செல்லில் குரோமோசோம்கள் வழக்கமற்ற முறையில் நடந்து கொள்வதைக் காணலாம். அவை இணையாக ஒன்று சேர்ந்து மத்தியில் வரிசையாக அமைகின்றன. பிறகு ஒவ்வொரு சோடி யின் ஒவ்வொன்றும் எதிர் துருவங்களை நோக்கி நகர்ந்து விடுகின் றது. இச்செயலின் முடிவாக ஒவ்வொரு சோடியின் ஒவ்வொரு குரோமோசோம் எண்ணிக்கை குறைகிறது.

மேற்கூறியதில் பல நிகழ்ச்சிப் படிகள் கூறப்படவில்லை. நாம் இங்குப் பார்க்க வேண்டியது முக்கியமாகக் குரோமோசோம்கள் குறைவைப்பற்றித் தானேயன்றி மற்றச் செல்லியல் நிகழ்ச்சிகளை பற்றியன்று. குன்றல் பிரிவின் ஆரம்பத்திலேயே குரோமோ சோம்களின் பிளவு ஏற்பட்டு, பிரியப்போகும் செல்லின் மத்தியில் வரிசையாக இணைகின்றன. ஒவ்வொரு சோடியும் இரண்டாக இருப்பதனால் மைட்டோடிக் பிரிவிற்குத் தயாராக இருக்கிறது.

இதன் முடிவாகக் குரோமோசோம்கள் எண்ணிக்கையில் இதற்கு மேற்கொண்டு குறைய முடியாத நிலையை அடைகின்றன. இதனாலேயே இதற்குச் 'சமநிலைப் பிரிவு' (equation division) என்று பெயர். இதற்குப்பின் இச்செல்கள் இனச் செல்களாக (gametes) வேறுபடுகின்றன.

குரோமோசோம்களின் நுனியில் காணப்படும் சிறு வட்டங்கள் சென்ட்ரோமியர்களாகும் (centromers) முதல் குன்றல் பிரிவின்போது சென்ட்ரோமியர் பிளவாதிருப்பதை கவனிக்க. அவ்வாறு இருப்பதினால் ஒன்றைச் சேர்ந்த இரு பிளவுபட்ட பாதிகளைக் கண்டறியப் பயன்படுகிறது. ஆனால் சமநிலைப் பிரிவின் போது சென்ட்ரோமியர்கள் பிரிந்து விடுகின்றன. சென்ட்ரோமியர்களைப் பொறுத்தவரை மேற்கூறிய இரு பிரிவுகளும், குன்றல் சமநிலைப் பிரிவுகளுமாக இருப்பதுடன் சிக்கல் முறையைக் கொண்ட 'குறுக்கு எதிர் மாற்றத்திலும்' அவ்வாறே அமைகின்றன.

மேற்கூறியவாறே அண்டச் சுரப்பியலும் நடைபெற்றாலும், இவ்விருப் பிரிவுகளின் இறுதியில் தோன்றும் நான்கில் மூன்று செல்கள் போலார் உறுப்புக்களாகி ஒன்று மட்டும் அண்டமாகிறது. இதற்குத்தான் 'முதிர்ச்சிப் பிரிவு' (maturation division) என்று பெயர்.

விந்துகளும், அண்டங்களும் உற்பத்தியாகும் செயல்களை நோக்கும்போது முன்கூறியதுபோல் சமநிலைப் பிரிவை நீக்கிவிட்டு குன்றல் பிரிவை மட்டும் கொள்ளலாம். எவ்வாறெனில், இரு பிளவுபடாத குரோமோசோம்கள் ஒன்று சேரும் செயல்கள் என்றும், அச்செயல்கள் நேரடியாக முதிர்ச்சி இன விருத்திச் செயல்களை உண்டாக்குகின்றன என்றும் எண்ணிக்கொள்ள வேண்டும். இம்முறையை ஒரு குறுகிய முறையாகக் கொள்ள வேண்டும். குன்றல் பிரிவு, சமநிலைப் பிரிவு ஆகிய இரண்டினுலும் A குரோமோசோமும் பிரிக்கப்பட்டு வெவ்வேறு இனவிருத்திச் செல்களுக்குச் செல்லுகின்றது. குறுகிய முறையிலும் இதே முடிவுதான் ஏற்படுகிறது. குரோமோசோம்களின் எண்ணிக்கை பாதியாகக் குறைந்து முதிர் இனச் செல்களாக ஆகவேண்டியது தான் முக்கியமாகும்.

உதாரணமாகத் தவளையின் வாழ்க்கை வளர்ச்சிப் பருவத்தைக் கவனித்தால் குரோமோசோம்கள் எவ்வாறு மாறுதலடைகின்றன என்று விளங்கும். கருத்தரித்ததும் ஓர் உயிர் உண்டா

கிறது. விந்துவும் அண்டமும் மூன்றுக் குரோமோசோம்களாக காட்டப்பட்டிருந்தாலும் தவளைக்கு மொத்தத்தில் 24 குரோமோசோம்களும் இனச் செல்களில் 13 குரோமோசோம்களுமே உண்டு. ஆகவே கருத்தரித்தபின் முட்டையில் மூன்று சோடி அல்லது ஆறு குரோமோசோம்கள் நிலைக்கின்றன. இக்கருவுற்ற முட்டை பிரிந்து ஒவ்வொன்றிலும் ஆறு அல்லது மூன்று சோடி குரோமோசோம்களாக பிரிந்து முதல் இரு செல்களாகின்றன. அடுத்த பிரிவிலும், நான்கு எட்டாகும் போது ஒவ்வொன்றிலும் ஆறு குரோமோசோம்களே உண்டாகின்றன. இவ்வாறே வளர்ச்சி அடையும்போது, செல்திறள்கள் ஒன்று சேர்ந்து ஒரு வளர்கருவான லார்வா உண்டாகிறது. இந்த லார்வாவிலும் மூன்று சோடி குரோமோசோம்கள்தான் இருக்கின்றன. லார்வா வளர்ந்து தவளையாக ஆகும்போது, செல்கள் வேறுபாடடைந்து தசை, நரம்பு போன்ற பல திசுக்களாக மாறுகின்றன. இவ்வாறு மாறும் பல திசுக்களிலும் ஆறு குரோமோசோம்கள்தாம் உள்ளன. முதிர்ச்சி அடையாத லார்வாவின் இனவிருத்தி உறுப்பான விந்துச் சுரப்பியிலும் அண்டத்திலும் கூட முதலில் ஆறு குரோமோசோம்களே காணப்படுகின்றன. பிறகுதான் குன்றல் பிரிவினால் குரோமோசோம்களின் எண்ணிக்கை மூன்றாகக் குறைகிறது.

ஓய்வு நிலையில் குரோமோசோம்கள் புலப்படா. அவ்வமயம் யாவும் ஒன்றுசேர்ந்து குரோமேட்டினாகின்றன. இதுவே நியூக்ளியசாகும். ஒவ்வொரு தடவைக்கும் குரோமோசோம்கள் ஆக்கக் கூறுகளாகப் பிரிக்கப்பட்டுப் புதிப்பிக்கப்படுகின்றன. இருப்பினும் குரோமோசோம்கள் தம்முடைய தனித்தன்மையை நிலைநிறுத்திக் கொண்டே இருக்கின்றன.

குன்றல் பிரிவின் விவரம்

மையோசிஸ் பிரிவை இரு பெரும் பகுதியாகப் பிரிக்கலாம். (1) தயாராகும் நிலை (Preparative stage), (2) விநியோகிக்கும் நிலை (Distributire stage), மையோசிஸ் பிரிவில் மைட்டோசிஸ் பிரிவிற்கும், கருத்தரித்தலுக்கும் நெருங்கிய தொடர்புண்டு. எவ்வாறெனில் முன்னது பின்னதிற்கு முன் நிகழும் ஒரு செயலாகும். இனச்செல்கள் உண்டாவது படிப்படியாக நிகழுகின்றன.

1. குன்றல் பிரிவிற்குத் தயாராகும் நிலை

இப்பிரிவு நிகழ்வதற்கு முன் இனச்செல்கள் உண்டாகும் விந்துச் சுரப்பி அண்டச்சுரப்பிகளில் வளர்ச்சிக்கு வேண்டிய சக்தி

சேகரித்து வைக்கப்படுகிறது. ஸ்பிண்டில் தயாரிக்கும் பொருள்கள் சேகரம் செய்யப்படுகின்றன.

இச்செயல்கள், முதல் நியூக்ளியர் பிரிவின் போது நடைபெறுவதாகக் கருதப்படுகின்றது. இடைநிலைக்காலம் (interphase period) மிகக் குறுகியதாக இருப்பதால், மேற்கூறிய செயல்கள் இனச்செல்களின் இறுதிமைட்டோசிஸ் பிரிவிற்கும், மையோசிஸ் பிரிவின் ஆரம்பத்திற்கும் இடையில் நடைபெறுகின்றன. டிஎன்ஏ சேர்க்கையும் (DNA synthesis) நடைபெற்றுக் கொண்டிருக்கும்.

2. விநியோகிக்கும் செயல்கள்

இச்செயல்களில் இருநிலைகள் உண்டு. ஒவ்வொன்றிலும் புரோஃபேஸ், மெட்டாஃபேஸ், அனஃபேஸ், டீலோஃபேஸ் என்ற நிலைகளும், முதல் புரோஃபேசின் நிலை நீண்டிருப்பதால் அதில் சில துணைப்பிரிவு நிலைகளும் உள்ளன.

புரோஃபேஸ் I அல்லது முதல்நிலை I

குன்றல் பிரிவு தொடங்குவது நியூக்ளியஸ் பொருந்தியிருப்பதிலிருந்து அறிந்து கொள்ளலாம். அதனுடன் குரோமோசோம்கள் சுருண்ட நூல்போன்று தோன்றும். இந்நிலைக்கு முன் லெப்டோடீன் (preleptotene)அல்லதுமுன்மையோட்டிக் ஸ்பைரல் முதல்நிலை (premeiotic spiral prophase tagse) என்று பெயர்.

லெப்டோடீன் (னீமா) நீள் நூல் நிலை (Leptotene)

இந்நிலைகளின் ஆரம்பத்தில் இறுகிச் சுருண்டு தோன்றிய குரோமோசோம்கள், சுருளற்றுப் பிரிந்து விடுகின்றன. நீண்ட நூல் இதழ்போன்ற இவை, நன்கு பிரிக்கப்பட்டு ஒவ்வொன்றும் தனித்துக் காணப்படும். சில செல்களில் குரோமோசோம்கள் நியூக்ளியர் சவ்விற்கு இணையாக அமையப்பெற்றுச் சென்ட்ரியோல் அருகில் இரு முனைகளும் காணப்படும். இதைப் பூச்செண்டு நிலை (bouquet stage) என்று கூட கூறுவதுண்டு. ஒவ்வொரு குரோமோசோமின் நீளத்திற்கு உருமணி போன்ற குரோமோமியர் தொடர்கள் காணப்படும். இவையே பிறகு குறித்த எண்ணிக்கை, இடம், பருமன் போன்ற குணங்களைப் பெறுகின்றன. நியூக்ளியோலஸ் இந்நிலையில் தெளிவாகத் தெரிவதுடன், குரோமோசோம்களுடன் ஒட்டிக் கொண்டிருக்கும். மேலும் ஆரம்ப நிலையில் ஆர் என் ஏ-யையும், புரதத்தையும் சேர்க்கும் செயலில் ஈடுபட்டுக் கொண்டுதான் இருக்கும்.

சைகோடீன் (னீமா) அல்லது இணை நூல் நிலை (Zygotene)

இந்நிலையின் ஆரம்பத்தில், குரோமோசோம்கள் குறுகத் தடித்துக் காணப்படும். ஏனெனில் திருகின் விட்டம் அதிகரித்து விடுகிறது. ஆண் பெண் என்ற இருவரிடமிருந்து வந்த ஒத்த குரோமோசோம்கள் பல வகையில் இணைந்து (paring or synapsis) காணப்படும். இவ்விணைவு ஒரு முனையிலேற்பட்டு மறுமுனைக்கு ஒழுங்காகச் செல்லும், அல்லது பல இடங்களில் ஒரே நேரத்தில் இணையப்பெற்று அம்மையங்களிலிருந்து மற்ற இடங்களுக்குப் பரவும். ஒவ்வொரு குரோமோமியரும் அதைப்போன்ற மற்றக் குரோமோமியருடன் இணையும். ஆனல் இவற்றின் இணைவிற் குரிய சக்தி என்னவென்று இன்னும் விளங்கவில்லை.

பாக்கிடீன் (னீமா) அல்லது குறுகு நூல் நிலை (Pachytene)

பாக்கிடீன் நிலையின் ஆரம்பத்தில் ஒத்த குரோமோமியர் களின் இணைவு முடிந்ததாகக் காணப்படும். குரோமோசோம் சோடிகள் (டெட்ராடுகள் - tetrads) குறுகிச் சுருண்டு காணப் படும். குரோமோசோம்களின் எண்ணிக்கை ஒற்றை மயமாகக் குறைந்தாற்போல் தோன்றினலும், உண்மையில் டெட்ராட்கள் கொண்ட இரட்டைமயமே. நான்கு குரோமேட்டிட்கள் சேர்ந்து டெட்ராட்களாகத் தோன்றுகின்றன. அதில் அவை ஒத்த இரட்டைகளாகச் சேர்ந்துள்ளன.

பாக்கிடீன் நிலைக்கும், அடுத்துவரும் டிப்ளோடீன் நிலைக்கும் இடையில் குரோமோசோம்கள், ஜீன் பொருள்களைப் பரிமாறிக் கொள்ளும் செயல் நடைபெறுகிறது. ஒத்த குரோமேட்டிட்களுக் கிடையில்தான் இவ்விதக் குறுக்கேற்றம் (crossing over) நடை பெறுமேயன்றி உடனெத்த குரோமேட்டிட்களுடன் நடைபெருது. ஒத்த குரோமேட்டிட்களில் ஒரு குறிப்பிட்ட புள்ளியான கியாஸ் மாவில் (chiasma) ஒரு குறுக்குப்பிளவு ஒரே சமயத்தில் ஏற்படு கிறது. அவ்வமயம் இரு குரோமேட்டிட்களின் துண்டிக்கப்பட்ட முனைகள் மாறி மற்றென்றுடன் இணைந்து கொள்கின்றன. இவ் வாறு நிகழும்போது மற்ற இரு குரோமேட்டிட்கள் எவ்வித மாறு தலுமின்றி அப்படியே இருக்கின்றன. ஒவ்வோர் இரட்டைகளி லும் (bivalent) குறைந்தது ஒரு கியாஸ்மாவாவது ஏற்பட்டிருக் கும். நீண்ட குரோமோசோம்களாக இருந்தால் இரண்டு அல்லது மூன்று கியாஸ்மா கூட ஏற்படுவதுண்டு. ஆனல் நீளமாக இருந்தால் அதிகக் கியாஸ்மா ஏற்படுமென்றும் குறைவாக இருந்தால் நடைபெருது என்றும் கொள்ளவேண்டியதில்லை. ஒரு குறுக்கேற்றம் நடைபெற்றபின்கூட அதனுடனெத்த குரோமேட்

டிட்டில் குறுக்கேற்றம் நடைபெறுவதுண்டு. ஆனல் பொதுவாகக் கியாஸ்மா ஒன்றிற்கொன்று அருகில் நடைபெறுவதில்லை. இதற்குக் குறுக்கீடுதான் (interference) காரணமாகும்.

டிப்ளோடீன் அல்லது இருநூல் அகல்நிலை (Diplotene)

குரோமோசோம்களில் குறுக்கேற்றம் நடைபெறுகிறது. இந்நிகழ்ச்சியினல் இரு குரோமேட்டிட்கள் குறுக்கேற்றம்(இணைவு) நடைபெற்ற புள்ளிகள் தவிர மற்றப் பகுதிகள் பிரிந்து விலக ஆரம்பிக்கின்றன. ஒவ்வொரு பைவேலன்டிலும் (bivalent) ஓர் இடத்தில் அல்லது அதற்கு மேலும் குறுக்கேற்றம் நடைபெற்றிருக்கலாம். குறுக்கேற்றத்தில் இரு ஒத்த குரோமேட்டிட்கள் தான் பங்கு கொள்கின்றனவே அன்றி ஒரே செட்டைச்சேர்ந்த குரோமேட்டிட்களுக்கிடையில் நடைபெருது என்பது தெளிவாகும். மேலும் குரோமோசோம்களின் நீளம் அதிகமாக இருந்தால் ஓர் இடத்திற்கு மேலும் குறுக்கேற்றம் நடைபெற்றிருக்கலாம். குறுக்கேற்றத்தில் இரு ஒத்த குரோமேட்டிட்கள்தாம் பங்கு கொள்ளுகின்றனவே அன்றி ஒரே செட்டைச் சேர்ந்த குரோமேட்டிட்களுக்கிடையில் நடைபெருது என்பது தெளிவாகும். மேலும் குரோமோசோம்களின் நீளம் அதிகமாக இருந்தால் ஓர் இடத்திற்கு மேலும் குறுக்கேற்றம் நடைபெறுவதுண்டு. குறுக்கேற்றம் நடைபெற்ற புள்ளிகள் தவிர மற்றப் பகுதிகள் இரு துருவங்களை நோக்கி நகர ஆரம்பிப்பதால் இரு கரங்கள் வளையம் போல் தோற்றமளிக்கும். டிப்ளோடீன் நிலையில் கியாஸ்மேட்டாவின் எண்ணிக்கை டெர்மினலைசேஷன் என்ற நிகழ்ச்சியால் குறைய ஆரம்பிக்கின்றது. டெர்மினலைசேஷன் (terminalization) என்பது குரோமோசோம்களில் நீளவாட்டில் ஒட்டிக் கொண்டிருக்கும் குறுக்கேற்றப் புள்ளிகள் ஒரு முனையிலிருந்து மறுமுனைவரை விடுபட்டுக் கொண்டே வந்து விடுதலையாவதாகும். இச்செயல் அனஃபேஸ் நிலைவரை தொடர்வதும் உண்டு.

டையாக்கைனசிஸ் (Diakinesis)

டெர்மினலைசேஷன் செயல் தொடர்ந்து நடைபெறுவதுடன், குரோமோசோம்கள் சுருங்கவும் ஆரம்பிக்கின்றன. குரோமோசோம்கள் இறுக முறுக்கேற்றிக் கொள்வதால் நீளம் குறைந்து கொண்டே வருகிறது. அதனல் குரோமோசோம்கள் கோள வடிவமாகத் தெரிவதுடன் முன் குறுக்கேற்றம் நடைபெற்று புள்ளிகள் அதுவும் நுனிப் பகுதிகளில் அப்படி ஒட்டிக் கொண்டிருப்பது முண்டு. இவையாவும் நகர்ந்து நியூக்ளியர்

சவ்வின் ஓரப் பகுதியை அடைகின்றன. பிறகு நியூக்ளியர் சவ்வு சிதைவுறுகிறது. இந்நிலையில் டையாக்னிசிஸ் முடிவடைகிறது.

நியூக்ளியர் சவ்வு சிதைவுற்றதால் குரோமோசோம்கள் சைட்டோபிளாசத்தில் தனியாக விடப்படுகின்றன. இந்நிலை வரை வளர்ச்சிக்கால வட்டமாகும் (period). அதாவது முதல் குன்றல் பிரிவின் புரோஃபேஸ் ஆகும்.

மெட்டாஃபேஸ் I

ஒவ்வொரு பைவேலன்ட் அல்லது டெட்ராடுகளுக்கும் இரு கைநெட்டோகோர் உண்டு. ஒவ்வொரு கைநெட்டோகோரும் ஒவ்வொரு பக்கத்தின் மத்தியக் கோட்டில், சமதூரத்தில் அமைகின்றன. மையத்தை நோக்கி அமைந்துள்ள கியாஸ்மேட்டாவின் இருப்பிடத்தைப் பொறுத்துக் கைநெட்டோகோர்களின் தூரம் அமைந்துள்ளது. பைவேலன்ட்டுக்களின் உருவைக் கியாஸ்மேட்டாவின் இடமும், எண்ணிக்கையும், குரோமோசோமின் கரங்களும் நிர்ணயிக்கின்றன. கைநெட்டோகோர்களை அரை ஸ்பிண்டில் இழைகள் துருவங்களுடன் இணைக்கின்றன. அவ்வமயம் சென்ட்ரியோல்கள் துருவங்களுக்கு இடம் பெயர்ந்துள்ளன.

அனஃபேஸ் I

பைவேலன்ட்டுக்கள் (டெட்ராட்ஸ்) இரு டையாடுகளாக (diads) பிரிகின்றன. ஒவ்வொரு டையாடும் வெவ்வேறு துருவங்களுக்கும் செல்கின்றன. அவ்வமயம் கைநெட்டோகோர்கள் கரம் முன்னிழுத்துச் செல்கின்றன. துருவங்களை நோக்கி நகரும் போது கியாஸ்மேட்டா, குரோமேட்டிட்களின் முனையில் விழுந்து விடுகின்றன.

இவ்வனஃபேஸ் நிலையில் தாய் தந்தையரிடமிருந்து வந்த குரோமோசோம்கள் இங்கொன்றும் அங்கொன்றுமாகப் பிரிந்து செல்கின்றன. இச்சமயத்தில் குன்றல் பிரிவு நடைபெறுகிறது. சேய்ச் செல்லிற்குப் பாதி குரோமோசோம்களின் எண்ணிக்கைப் போய் சேருகின்றன.

அவ்வாறு துருவங்களுக்குச் செல்லும் குரோமோசோம்கள் தாய் தந்தையரிடமிருந்து தொடங்கிய மூலக்குரோமோசோம்களை ஒத்திரா. ஏனெனில் குறுக்கேற்ற நிகழ்ச்சியின் விளைவாக ஜீன் மாற்று ஏற்பட்டிருக்கும்.

டிலோஃபேஸ் I

அனஃபேஸ் I நிகழ்ச்சிகளுக்குப்பின் கீழ்க்கண்டவற்றில் ஒன்று அல்லது அதற்கு மேலும் நடைபெறும். அனஃபேஸ் டையாடுகள் (diads) நீளத்தில் அல்லது சுருளில் சிறிய மாறுதல்களுடன் இரண்டாவது சமப் பிரிவிற்குத் தயாராகும். சேய் குரோமேட்டிட்கள் ஒன்றை ஒன்று தடுத்தாற்போல் இருந்து x அல்லது v அமைப்பைப் பெறுகின்றன. டீலோஃபேஸ் டையாடுகள் சுருளைத் தளர்த்தி நீண்டும், நியூக்ளியர் சவ்வு திருத்தியமையப் பெற்றும், குரோமோசோம்கள் இடைநிலைப் பண்புபோல் மெதுவாக அடைந்தும் காணப்படும். இவ்விடைநிலையில் நியூக்ளியோலஸ் உண்டாகாது. செல்கள் இயக்கம் அல்லது சைட்டோகைனேசிஸ் இரு சேய்ச் செல்களை உண்டாக்குகின்றன. ஆணில் இவற்றிற்கு இரண்டாம் ஸ்பெர்மெட்டோசைட் என்றும், பெண்ணில் இரண்டாம் தாய் இனச்செல் (ஊசைட்) என்றும் பெயர்.

புரோஃபேஸ் II

இந்நிலையும் மெட்டாஃபேஸ் II, அனஃபேஸ் II, டீலோஃபேஸ் II நிலைகளும் மைட்டோசிஸ் பிரிவு போன்றே இருக்கின்றன. இரு குரோமேட்டிட்களுடன் கைநெட்டோகோர் இணைந்து காணப்படுகின்ற இரு டையாடுகள் புரேஃபேஸ் நிலையில் தெளிவாகத் தோன்றும். குரோமேட்டிட்கள் சோடியாகச் சுருண்டிராமலும், டீலோஃபேஸ் I இல் காண்பதைவிட நீளமாகவும் இருக்கும். ஸ்பிண்டில் உருவாவதும், சென்ட்ரியோல்கள் துருவங்களை நோக்கி நகர்வதும், நியூக்ளியர் சவ்வு உடைவதும் நடைபெறுகின்றன.

மெட்டாஃபேஸ் II

ஒவ்வொரு சேய் நியூக்ளியஸின் ஒற்றை எண் குரோமோசோம்கள் மத்தியத் தட்டிற்கு நகர்ந்துவரும். கைநெட்டோகோர்கள் இரட்டிப்பதுடன், மத்தியத் தட்டில் அமையும். அதன்அறை ஸ்பிண்டில்கள் ஒவ்வொரு கைநெட்டோகோர்களுடன் வெவ்வேறு துருவங்களுடன் இணையும். இதனால் முழு ஸ்பிண்டிலே உண்டாகி விடுகிறது.

அனஃபேஸ் II

டையாடுகள் பிரிவிதினல் ஒரு குரோமேட்டிட் (இப்போது அதற்குக் குரோமோசோம் என்று பெயர்) ஒவ்வொரு துருவத்திற்கும் நகர்ந்து செல்வதினல் ஒவ்வொரு சேய் நியூக்ளியசும்

ஒற்றை எண் குரோமோசோம்களைப் பெற்றிருக்கின்றன. இதனால் இதுவும் சமப்பிரிவே ஆகும்.

டீலோஃபேஸ் II

குரோமோசோம்கள் சுருளை நீக்கிப் பெருத்து இடைநிலையில் தோன்றும் குரோமேட்டிட்போல் தனிப்பண்புடன் காணப்படும். நியூக்ளியர் சவ்வு புதுப்பிக்கப்படுகிறது. நியூக்ளியோலஸ் மறுபடியும் தோன்றுகிறது. இந்த நியூக்ளியர் நிகழ்ச்சிக்குப்பின் சைட்டோகைனெசிஸ் நடைபெறுவதால் நான்குசெல்கள் உண்டாகின்றன. ஒவ்வொன்றிலும் ஒற்றை எண் குரோமோசோம்கள் நிலைக்கின்றன. ஆணில் இந்தச் செல்களுக்கு விந்தாகுகலம் (spermatids) என்றும், பெண்ணில் அண்டமாகுகலம் (ootids) என்றும் பெயர். விந்தாகுகலத்திலிருந்து விந்துகளும் (spermatozoa) நான்கு அண்டமாகுகலத்திலிருந்து ஓர் அண்டமும் (ovum) உண்டாகின்றன. மற்ற மூன்றும், சிதைவுற்று, போலார் உறுப்புக்களாக மாறி நீக்கப்படுகின்றன, ஜீன் நிலையிடமும் (லோகஸும் - locus), எதிரிருக்களும் (அல்லீல்களும் - alleles).

டுரோசோபைலா (drosephila) என்ற பழப் பூச்சியின் கண்களில் பல நிறங்கள் உண்டு. அவற்றின் நிறங்களுக்கு ஒவ்வொரு நிற ஜீனும், அந்த ஜீனின் நிலையிடமும் காரணமாகும். இந்நிலையிடங்கள் குரோமோசோம்களில் எவ்விடத்திலும் இருக்கலாம். ஆனால் மற்றொரு குரோமோசோமில், இறக்கை நிற ஜீனுக்கு அடுத்தும் இருக்கலாம். ஆகவே ஒரே இடத்தில் இருக்கும் என்றில்லை. ஆனால் ஒரு குரோமோசோமில் ஒரு குறிப்பிட்ட இடத்திலேயே தான் ஒரு ஜீன் காணப்படும். அந்த இடத்திற்குத்தான் அதன் நிலையிடம் அல்லது லோகஸ் (locus) என்று பெயர்.

ஒரு குறிப்பிட்ட தனிக் கூற்றிற்கு (trait) ஒரு ஜீன் எவ்வாறு குரோமோசோமில் அமைந்துள்ளது? ஒவ்வொரு குரோமோசோமில் உள்ள சிறு வட்டங்களும் ஜீன்களாகும். அவற்றில் கருமையாக்கிய ஒவ்வொன்றும் சில குறிப்பிட்ட தனிக்கூற்றை, உதாரணமாகக் கண் நிறம் அல்லது விதையின் அமைப்பு முதலியவற்றைக் குறிக்கின்றன. கருமையாக்கப் பெறாத வட்டங்கள் இதுபொன்ற மாற்றத் தனிக் கூற்றைக் குறிக்கின்றன. விந்திலுள்ள குரோமோசோமை மட்டிலும் நோக்குவோமேயானால்

ஒவ்வொரு வகைக்கும் ஒவ்வொரு குரோமோசோம்தான் இருக்கிறது. அதனுல் ஒரு நிலையிடத்திலும் (லோகசில்) ஒரு ஜீன் மட்டும் இருக்கிறது. அதனுடன் வெவ்வேறு நிலையிடத்தில் காணப்படும். ஜீன்கள் ஒன்றிற்கொன்று வேறுபட்டே இருக்கின்றன. கருநிறமுடையதும் நிறமற்றதும் இன்னும் பல வகைகளும் உண்டு. அண்டத்தைக் கவனித்தால், அதிலும் ஒவ்வொரு நிலையிடத்திலும் ஒவ்வொரு ஜீன்தான் அமைந்துள்ளது. வெவ்வேறு இடத்தில் இருப்பன வெவ்வேருனவற்றை குறிக்கின்றன. ஆனுல் குறிப்பிட்ட நிலையிடத்திலுள்ள ஜீன் மற்ருென்றினுடைய நிலையிடத்தை ஒத்தே இருக்கும்.

அவ்வாறு பார்க்கும்போது, விந்தின் நீள குரோமோசோமின் தலைப்பிலுள்ள ஒரு ஜீன் கருமையற்று இருப்பது போன்றே மற்ருென்றில் (அண்டத்தில்) காணப்படுகிறது. இரண்டாவது கருமையாக உள்ளது; மூன்ருவது கருமையற்றது. ஜீன்களின் இவ்வொற்றுமை விந்துவிலும் அண்டத்திலும் உறுதியாகத் தோன்றுவதின் காரணம் யாதெனில் இரண்டும் ஓர் இனத்தை (species) சேர்ந்தவையே. (விலக்கு : இனக் குரோமோசோம்கள் தவிர; பின்னுல் விளக்கப்பட்டுள்ளது.)

கருத்தரித்த முட்டையில் ஒரு சோடி குரோமோசோம்கள் இருக்கின்றன. ஒவ்வொன்றிலும் ஒத்த ஒவ்வொரு சோடி ஜீன்கள் ஒவ்வொரு நிலையிடத்திலும் இருக்கின்றன. குறிப்பிட்ட ஒருஜோடி ஜீன்களின் இரு நபர்களுக்கு எதிரிருக்கள் அல்லது அல்லீல்கள் (alleles) என்று பெயர். (ஒன்றின் மற்ருென்று) வழக்கமாக அல்லீல்கள் ஒத்தே இருக்கும். ஏனெனில் விந்துவிலும், அண்டத்திலும் உள்ள நிலையிடங்களில் உள்ள ஜீன்கள் ஒத்தே இருக்கின்றன. ஆனுல் சில சமயங்களில் வேறுபட்டுக் காண்பதுண்டு.

நிலையிடத்தின் மூலம் ஜீன்களைக் கண்டறிதல்

ஒருவருடைய கண்களையோ மற்ற உறுப்புக்களையோ பார்த்து ஜீன்களைக் கண்டு கொள்ள முடியாது. பழுப்பு நிறக் கண்ணின் நிலையிலிருந்து நீல நிறக் கண் தென்பட்டால் முன்னதிலிருந்து இது வந்திருக்கவேண்டும். மற்ருெரு புது நிறம் தோன்றினுல் வேருெரு சாதாரண கண் ஜீன்கள் இருக்கவேண்டும். இது நிலையான திடீர் மாற்றத்தால் மாறி இருக்கிறது. அதனுல் பழுப்பு நிறத்திற்கு இரு ஜீன்கள் இருக்கவேண்டும் என்று தெரிகிறது. மாற்றமடைந்த ஜீன் சாதாரண ஜீன் இருக்கும் இடத்திலிருந்து

மாறி இருக்க வேண்டும். எவ்வளவு புதுப்புது நிறக் கண்கள் இருக்கின்றனவோ அவ்வளவு சாதாரண அல்லது மாறிய ஜீன்கள் இருக்கின்றன என்று தெரிகிறது,

டுரோசோபைலா என்ற பழப் பூச்சியில் சுமார் 20 வெவ்வேறு கண்நிற ஜீன்கள் நிலையான திடீர் மாற்றத்தினல் தோன்றி இருக்கின்றன. குறைந்தது 20 சாதாரணக் கண்நிற ஜீன்களைப் பாதிக்கும் ஜீன்கள் இருக்கின்றன. ஏனெனில் 20 மியூட்டண்ட் ஜீன்கள் வெவ்வேறு லோகஸ்களில் இருக்க வேண்டும்.

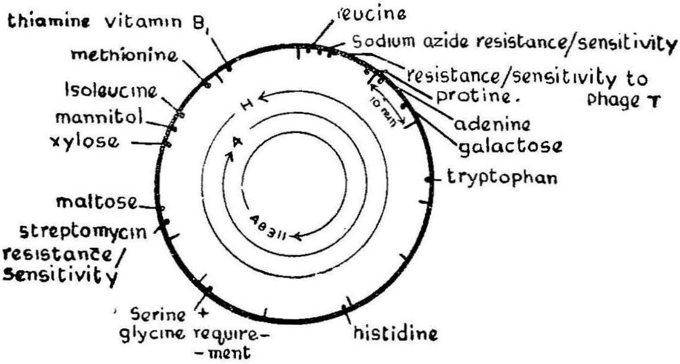
3. குரோமோசோமின் கலையமைப்பு
(The Architecture of Chromosome)

அமைப்பும் செயலும் ஒன்றிற்கொன்று (depend) தொடர்புடையனவாக இருப்பதால், ஒன்றைக் கொண்டு மற்றொன்றை அறிந்துகொள்ள முடிகிறது. அவ்வாறே குரோமோசோம்களின் அமைப்பு அவைகளின் குணங்களையும் ஒழுகலாறுகளையும் பிரதிபலிக்கிறது. குரோமோசோம்களின் உருவ அமைப்பு அவைகளுடைய வாழ்க்கைச் சுழற்சியில் (life cycle) மாறுவதுடன் அவைகள் குறிப்பிட்ட வேலைகளைத்தான் செய்கின்றன. அவைகள் தாமாகவே பெருகுவதுடன் மெஸஞ்சர் மாலிக்கூல் (m RNA) மூலம், வளர்சிதை மாற்றத்தைக் கட்டுப்படுத்துகின்றன. மேலும் அவைகள் குறிப்பிட்ட புரதத்தை உண்டுபண்ணுவதுடன், நியூக்ளியோலஸ்களை அமைத்தும், பிரிந்தும் சில குறிப்பிட்ட நேரங்களில் சுருண்டும். பல்வேறு நிலைகளில் வேறுபடுவதை ஆண்டு கொண்டும் வருகின்றன. அதாவது செல்லினுட் பகுதி செல், திசு, உறுப்பு, உயிரி என்ற நிலைகளில் வேலை செய்கின்றன. அவைகளைப்பற்றி பூரணமாகத் தெரியாவிடினும், சில வகைகளில் அமைப்பு, செயற்பாடு யாவும் தெளிவாக விளங்கியுள்ளன.

வைரஸ் குரோமோசோம் (Virus Chromosomes)

பலவகை வைரஸ்கள் இருந்தாலும், அவைகளில் காணும் சில குரோமோசோம்களைப்பற்றித்தான் விவரமாகத் தெளிந்துள்ளன. பொதுவாகக் கூறவேண்டுமானால், வைரஸ் குரோமோசோம்கள் யாவும் உறையற்ற டி என் ஏ மாலிக்கூல்களாகும். (naked molecules of DNA), அவைகள் ஒவ்வொரு இனத்திற்கும் உருவம், எண்ணிக்கை போன்ற வகைகளில் வேறுபட்டிருக்கும். வைரஸ்களில் ஒன்றான லாம்படா பாக்டீரியா ஃபேஜின் (lambda bacteriophage - E. Coli) வெளியுறையை கிழித்து உள்ளிருக்கும்

குரோமோக்கட்டை பிரித்து படமெடுக்க முடியும். இது 20Å அகலமும், 17μ நீளமும் உடையது. இது சுமார் 30 மாலியன் டால்ட்டன் மாலிக்யூலர் எடையுள்ளது. ஒவ்வொரு 34Å டி என் ஏயில் 10 நியூக்ளியோடைட் சோடிகள் இருப்பதால் ஒரு லாம்டா குரோமோசோமில் சுமார் 500,000 நியூக்ளியோடைட் சோடிகள் இருக்கின்றன. இதனுள் அடங்கும் ஜீன்கள் எவ்வளவு என்று அறுதியிட்டுக்கூற முடியாவிட்டாலும், சுமார் 50 முதல் 65க்குள் இருக்கும்.

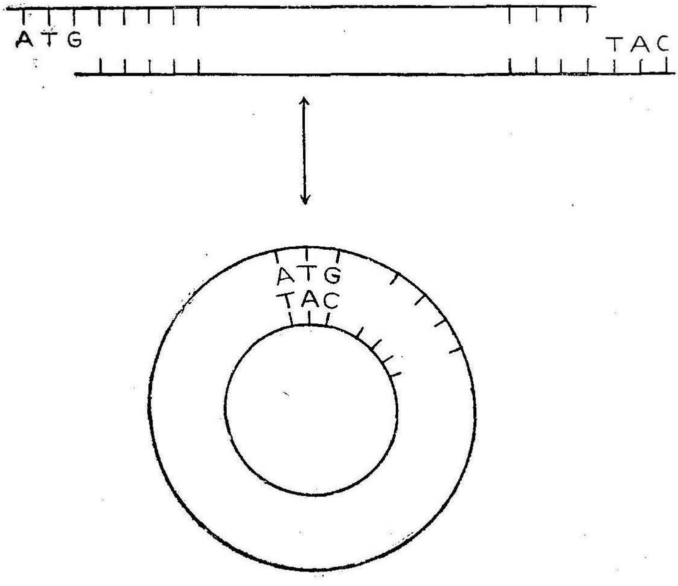


படம் 1a.

லாம்படா பாக்டிரியா ஃபேஜ் குரோமோசோம். இதன் வட்ட அமைப்பு ஒரு பட்டையினுல் ஏற்படுவதுடன் ஒன்றிற்கொன்று இணையக் கூடிய நியூக்ளி யோடைட்களுடன் தோன்றுகின்றது.

இந்த லாம்படாஃபேஜில் (படம் 1a &b), ஒரே குரோமோசோம் இருக்கிறது. வாட்சன் - கிரிக் மாடலை ஒத்த ஒரு தனி டி என் ஏ மாலிக்கூல் இதனுள் உள்ளது. இதன் நீளத்திற்கும், ஒரு பாலி நியூக்ளியோடைட், டி என் ஏ தான் இருக்கிறது. பிரித்தெடுப்பதைப் பொருத்து, இது நீளவாட்டிலோ, வட்டமாகவோ இருக்கும். ஆனல் மரபியல்படி இது நீள வாட்டமாகத் தோன்றும் (படம் 1b). அதன் இருமுனைகளும் தனித்து விடப்படுவதாலும் டி என் ஏ இரட்டை முறுக்கிழை (double strand) இல்லாததும் வட்டமாகத் தோன்றுகிறது காரணமாகும், ஆனல் அதன் முனையில் ஒன்றிற்கொன்று நிரப்பக்கூடிய (complimentary) நியூக்ளியோடைட்தான் இருக்கும்.

T_2, T_4, T_5 என்ற ஈ. காலே ஃபேஜ்கள் ஒவ்வொன்றிலும் மேற்கூறியவாறு தனி டி என் ஏ குரோமோசோம்தான் இருக்கிறது. T_2, T_4 (படம் 2), குரோமோசோம்கள் நீள வாட்டமாக (linear) இருந்தாலும் மரபியல்படி வட்டமாகத்தான் இருக்கிறது. ஆனுல் T_5 நீளவாட்டமாக இருப்பதுடன் பழக்கத்திலும் அவ்வாறே

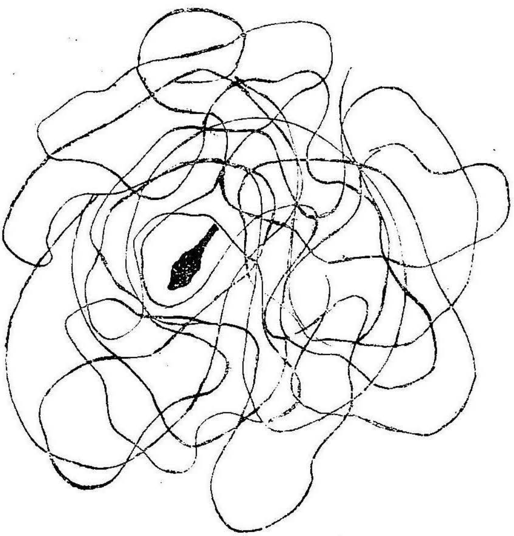


படம் 1b.

படம் 1b: ஈ. காலேயின் வட்ட வடிவ ஜெனிட்டிக் படம், குரோமோசோம் li இடைவெளிகளாகப் பிரிக்கப்பட்டு ஒவ்வொன்றும் 10 நிமிட மாற்ற மடையும் நேரமாக உள்ளது.

இருக்கிறது. T_5 குரோமோசோமின் நீளம் 39μ. T_2, T_4ன் நீளம் 56μ ஆகும். ஃபேஜ் பார்ட்டிக்ளின் அளவையும், குரோமோசோமின் நீளத்தையும் படத்தில் கவனிக்க. குரோமோசோமின் டிஎன்ஏ இரட்டித்தலேயும் படத்தில்கவனிக்க (படம்3&4) திருகு சுழல் போன்ற அமைப்பில் இரட்டிக்கும்போது மற்றொரு முறுக்கிழை (strand) உண்டாவதைக் கவனிக்க. இறுதியில் ஒத்த இரு குரோமோசோம்கள் பிரிகின்றன. வைரஸ் பாக்டீரியா

மற்ற உயர் மட்ட உயிரிகள், போன்றவைகளில் ஆராய்ச்சி மூலம் நிரூபித்துள்ளனர். இரட்டித்தல் வைரஸ்களில் பலவாருக நடை பெறுகிறது. சில வைரஸ்கள் விருந்தோம்பி செல்களில் நுழைந்த பின்தான் இரட்டைத் திருகு சுழல் ஏற்படும். புகையிலையின் TMV வைரஸில் ஆர் என் ஏ மட்டும் உள்ளது. டி என் ஏ கிடையாது. இந்த ஆர் என் ஏ யும் புரத உறையில் சுருண்டு காணப்

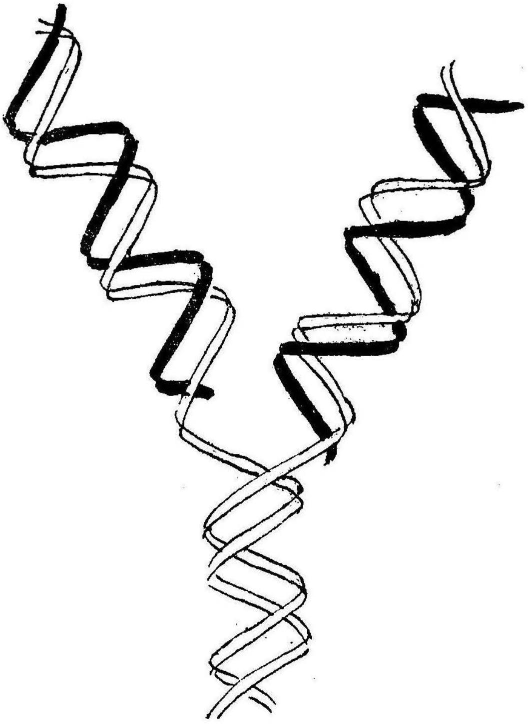


படம் 2.

T 4 குரோமோசோம். டி என் ஏ பட்டையுடன் (56μ). ஃபேஜின் தலை காட்டப்பபட்டுள்ளது. பருமன் (2×10^{-16} Cm) இவ் விரண்டும் இணைந்திருப்பது விளங்கவில்லை. அடிப்படைப் புரதம் மட்டும் குறைந்த அளவு டி என் ஏயுடன் இணைந்திருக்கக் கூடும்.

படுகிறது. இதனுல் அந்த வைரஸ் காலி உருளை (hollow cylinder) போன்று இருக்கும். TMV புரதத்தையும் ஆர் என் ஏ யையும் பிரித்து எடுக்க முடியும். அவ்வாறு பிரித்ததையும் திரும்ப ஒரு திரவத்தில் சேரச் செய்யவும் முடியும். ஒரு சந்ததி (strain) ஆர் என் ஏயின் மேல் மற்றொருவகை சந்ததியின் உறையை செயற்கை முறையாக மாற்றி அமைக்க முடியும். இவ்வாறு உற்பத்தியான கலப்பு வைரஸ்கள் மிக வேகமாக தொற்றிக் கொள்ளக் கூடியன (infection). இதில் எந்த ஆர் என் ஏயின் உறை எடுத்துக் கொள்ளப்பட்டதோ அதனுடைய

தனிக்குணம் படிந்திருக்கிறது. அதனுல் ஆர் என் ஏயும் மரபியல் பொருளாக அமைகிறது. புரதம் மட்டும் தோற்றுவதென்றில்லை. ஆர்என்ஏயும் ஒரளவிற்குக் காரணமாகும். இதனுல் ஆர்என்ஏயும், டி என் ஏயைப் போலவே செயல்படுகிறது என்று தெளிவாகத் தெரிகிறது,

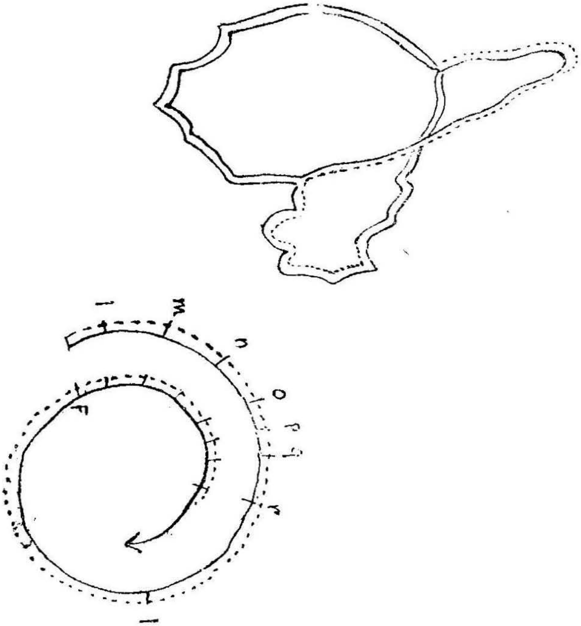


படம் 3.
டி என் ஏ மாலிக்கூல் இருட்டித்தல்.

புரோட்டோ செல்களின் குரோமோசோம்கள்
(Chromosomes of Proto cells)

பாக்டீரியா செல்களையும் ஊதா - பச்சைப்பாசி (Blue-Green Algae) ஆகியவைகளின் செல்களை ஆரம்ப செல்கள் அல்லது புரோட்டோ செல்கள் (proto cells) ஏன்பார்கள். இவைகளின்

செல்களில், நியூக்ளியர் சவ்வு, மைட்டோகாண்ட்ரியா, மைட்டோடிக் படம், சைட்டோபிளாசத்தின் சவ்வுப் பகுதி, யாவும் இரா. நியூக்ளியர் பகுதி இருந்தாலும் தெளிவாக இருக்காது,

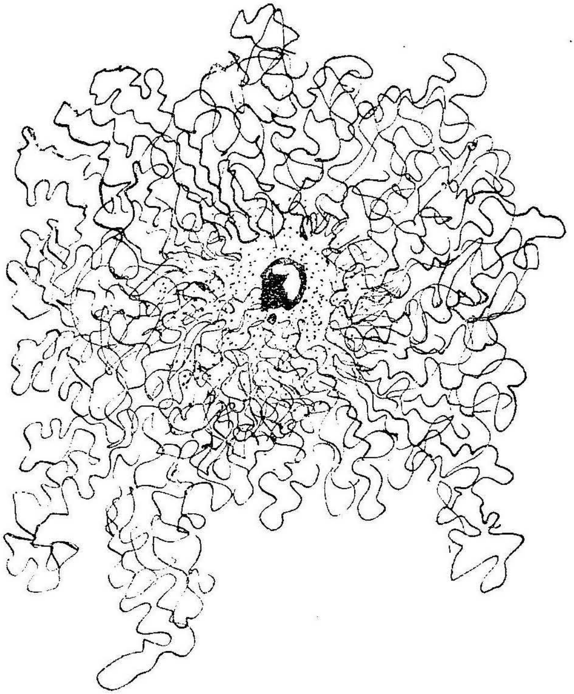


படம் 4.

பாக்டீரியாவும் ஃபேஜ்குரோமோசோமும் இரட்டித்தல்,

தக்க நிறமேற்றியைக் கொண்டு எலெக்ட்ரான் மைக்ராஸ்கோப் மூலம் பார்த்தால், தெளிவற்ற (lighter area) பகுதி சவ்வில்லாமல் காணப்படும். செல்சுவர் வெடித்த இன்ஃபுளுயென்ஸாவின் குரோமோசோமை எலெக்ட்ரான் மைக்ராஸ்கோப் மூலம் பார்த்தால், துண் மயிரிழைகள் கத்தையாகத் தெரிவது போன்றும், மையத்தில் வெடித்த செல் சவ்வின் மீதமும் தெரியும் (படம் 5). இக்குரோமோசோமின் நீளம் 860μ ஆகும். இரு நுனிகள் இதில் தெரிவதால் நீளவாட்ட குரோமோசோமே அன்றி வட்டவகை அல்ல என்று விளங்குகிறது. இதன் விட்டம் சுமார் 20Å வாட்சன் கிரிக் மாடலை ஒத்த டி என் ஏ தான் இதனுள் இருக்கிறது.

ஈ. காலை (E. Coli) குரோமோசோமின் நீளம் சுமார் 1000μ ஆகும். இது வட்ட வகையைச் சேர்ந்தது. இருப்பினும் இரு பாக்டீரியாவிற்கிடையில் பாற்கலப்பு (sexual union) ஏற்படும்



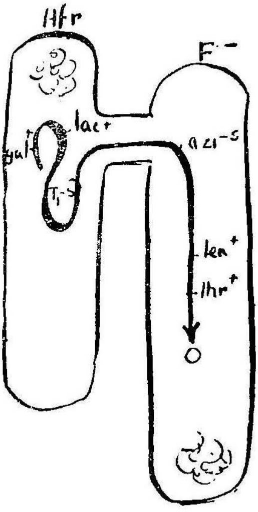
படம் 5.
இன்ஃப்ளுயென்ஸா பாக்டீரியா குரோமோசோமின் எலெக்ட்ரான் மைக்ராஸ்கோப் மூலம் தோற்றம்.

போது குரோமோசோம் நீளவாட்டத்தில்தான் ஆண் வகையிலிருந்து பெண்ணிற்கு மாறுகிறது. இந்நிகழ்ச்சி சுமார் 120 நிமிடங்களில் முடிந்துவிடும்.

எப்பிசோம்கள் (Episomes)

ஒரு பாக்டீரியா செல்லில் அதனுடைய குரோமோசோம்களுடன், ஃபேஜ் குரோமோசோம்களும் காணப்படும். ஃபேஜ்

குரோமோசோம்களுக்கு எப்பிசோம் என்று பெயர். ஃபேஜ் குரோமோசோம்கள் அச்செல்லில் தனித்தும் செயலாற்றும். இதற்கும் இரு முறுக்கிழை (பட்டை) டி என் ஏ (double strand DNA) உண்டு. இது பாக்டீரியா குரோமோசோமுடனும் ஒன்றித்து (integrated) செயலாற்றுவதுமுண்டு. ஒன்றாக வேலை செய்யும்போது இப் ஃபேஜ் குரோமோசோமும் பாக்டீரியா குரோமோசோமைப் போன்றே அதே வீதத்தில் (rate) இரட்டிக்கும். ஆனால் தனித்து வேலை செய்யும்போது எப்பிசோம் விருந்தோம்பி குரோமோசோமிற்கு சம்பந்தமில்லாமல் தனித்தே இரட்டிக்கும். லாம்படா பாக்டீரியா ஃபேஜ் குரோமோசோம் எப்பிசோமிற்கு எடுத்துக்காட்டாகும். ஒன்றித்து வேலை செய்வதிலிருந்து தனித்து வேலை செய்யத் தூண்டவும் முடியும். அல்ட்ரா வயலட் ஒளி (ultra violet rays) அல்லது X-கதிர்கள் (X-rays) அல்லது சில வேதிப் பொருட்கள்மூலம் ஃபேஜ் பார்டிக்கிள்களை தூண்டி விட்டால் பாக்டீரியா குரோமோசோம்களிலிருந்து பிரிந்து வளர்சிதை மாற்றம் காரணமாக பெருக ஆரம்பிக்கும். இறுதியில் பாக்டீரியாவின் செல் வெடிக்கப்பட்டு இறந்து விடுகிறது (lysed). புதிய ஃபேஜ் பொருட்கள் அச் செல் வெடிக்கப்படுவதால் வெளிப்படுகின்றன. இப் பொருட்கள் புதிய பாக்டீரியா செல்களையும் தாக்குகின்றன.



படம் 6.
ஈ காலையில் குரோமோசோம் மாற்றம்- Hfr விருந்து F- க்கு மாறுதல்.

மற்றொரு பாக்டீரியா எப்பிசோம் ஈ, காலையில் (E. Coli) காணப்படுகிறது. மேற்கூறிய ஃபேஜில் காணப்பட்டது போன்று பழகுவதில்லை (non-viral in nature). இதற்கு F. ஏஜெண்ட் (F. Agent-fertility) காரணமாகும். 1946-ல் பீடிலும் டாட்டமும்(Beadle and Tatum) இப்பாக்டீரியாவில் பால் முறை சேய்ப்பெருக்கம் (sexual reproduction) நடைபெறுவதைக் கண்டார்கள்(படம் 6). அதன் ஒரு சந்ததி, குரோமோசோம் அளிப்பவர்களாகவும் (donor) மற்றொன்று பெறுபவர்களாகவும் (host or recipient) இருப்பதாகக் கண்டார். ஒன்று ஆண் செல்கள் அதாவது F குணம்

பெற்றன. (F+-F factor). இக் குணம் இல்லாதது F^- சந்ததி ஆகும். சில தனி சோதனை முறையினுல் (treatment) F+ செல்களை F^-செல்களாக மாற்றலாம். அவ்வாறு நிகழும் போது F ஏஜெண்ட் இழக்கப்படுகிறது. $F^- \times F^-$ கலப்பு வளமற்றது (infertile) ஆகும். இப் பாக்டீரியாவில் இவர்கள் தெளிவு படுத்திய மரபியல் தொடர்ச்சிக்கு (genetic transmission) 1959ஆம் ஆண்டு நோபல் பரிசு வழங்கப்பட்டது மேற் கூறியதில் F+ ஏஜெண்ட் என்பது ஃபேஜ் பார்ட்டிகிள் போல தெரியாமல் ஒரு செல்லிலிருந்து மற்ருெரு செல்லிற்கு மாறுகின்றது. மற்ற யூனிட்டுகள் போன்று இதுவும் திடீரென்று மாறக் கூடியன (mutable). பல F+ வகைகளைக் கண்டுபிடித்துள்ளனர். Fன் வகைகளில் உயர் நிகழ் வெண் (high frequency = Hfr), மிக உயர் நிகழ் வெண் (very high frequency = Vfr) கொண்டவைகளும் உண்டு. அளிக்கும் பாக்டீரியாவிடமிருந்து குரோமோசோம், பெறுபவருக்குப் போய் சேரும் போது அதன் மாற்றத்தின் நிகழ் வெண் (frequeney of transfer) அதிகப்படும்.

மறுச் சேர்க்கையினுல் (recombination) ஓர் எப்பிசோம், பாக்டீரியா குரோமோசோமுடன் சேர்ந்து விடுகிறது என்றும் கருதுகிருர்கள். ஒன்றி காணும் போது சில குறிப்பிட்ட இடத்திலேயே அவைகள் அமர்கின்றன. எப்பிசோம்கள் ஒரு செல்லிலிருந்து மற்ருென்றிற்கு செல்லும் போது, அளிப்பவரிடமிருந்து பெற்ற குரோமோசோமையும் எடுத்துச் செல்வதாகக் கருதுகிருர்கள். இதனுல் இவைகளும் மரபியல் யூனிட்டுகள் போன்று தோன்றுகின்றன.

ஆகவே எப்பிசோம்கள் சில நேரங்களில் வைரஸ்கள் போலவும் வைரஸ்கள் அல்லாதன போலவும் இருக்கின்றன. அவைகள் சைட்டோபிளாசத்திலும், குரோமோசோமுடனும் இருக்கும். பாரமீசியத்தில் காணும் கப்பாப் பொருட்களும் (kappa particles) டுரோசோபைலாவில் காணும், கார்பன் டை ஆக்சைடை ஆளும் உணர்ச்சிப் (sensitive) பொருளான சிக்மா காரணிகளும் (sigma factor) சைட்டோபிளாசத்தில் காணும் எப்பிசோம்களுக்கு எடுத்துக்காட்டுகளாகும். அவைகளின் இயற்கை எவ்வாறிருந்தாலும், அவைகளும் மரபியற் செயல்களில் பங்கு கொள்கின்றன என்பதை மறுக்க முடியாது.

பூசெல்களின் குரோமோசோம்கள்
(The Chromosomes in Eucells)

பாக்டீரியா, ஊதா-பச்சைப்பாசி, சில வைரஸ் இவைகளின் குரோமோசோம்களில் டி என் ஏ மாலிக்கூல்கள் மட்டும்

காணப்படுகின்றன. எவ்வித தடங்கலுமின்றி, முழு நீளத்திற்கும் டி என் ஏ சந்ததிகளில் செல்கின்றன. ஆனால் யூசெல்களின் குரோமோசோம்கள் பலவித மாறுதல்களுடன் சந்ததிகளுக்குச் செல்கின்றன. ஏனெனில் மைட்டோட்டிக்கருவி, நியூக்ளியர் சவ்வு போன்றவைகள் இருப்பதினாலும் குரோமோசோம்களின் பருமன், எண்ணிக்கை போன்றவைகளினாலும் அவ்வாறு நிகழு கிறது. மேலும் இவைகளின் சிக்கலான (complexity) இணைப்பும் காரணமாகும். உயர்நிலை உயிரிகளின் யூசெல்களுக்கும் வைரஸ் போன்ற கீழ்நிலை உயிரிகளுக்கும் இடை நிலையில், டைனோஃபிளஜெல்லேட்டுகளின் (Dinoflagellates) குரோமோசோம்கள் நடுத்தர சிக்கல் நிலையில் இருப்பதாகக் கருதுகிறார்கள்.

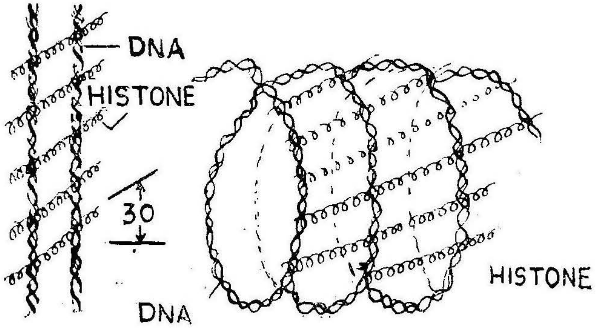
வேதியல் அமைப்புகள் (Chemical Constituents)

மேற்கூறிய குரோமோசோம்களைப் பிரித்து நோக்கும் போது எல்லாவற்றிலும் டி என் ஏயுடன் (DNA) மற்ற மூன்று மேக்ரோ மாலிக்கூல்களும் (macronucleus) இருக்கின்றன என்று தெரி கிறது. அவைகளாவன. 1. ஆர்என்ஏ (RNA), 2. ஹிஸ் டோன் (histone), 3. புரோட்டமின் (protamine). இந் நான்கு மேக்ரோ மாலிக்கூல்களும் சேர்ந்து குரோமோசாமைப் படைத் துள்ளன. ஆனால் அவைகளின் சேர்க்கை இன்னும் தெளிவுற வில்லை. மேலும் லிப்பிட்கள், கால்சியம், மக்னீசியம், இரும்பு போன்றவைகளும் குரோமோசோம்களில் இருக்கின்றன. அவை களின் வேலையும் தெளிவுறவில்லை. டிஎன்ஏ இரட்டிக்க தேவைப்படும். டிஎன்ஏ பாலிமரேஸ் (DNA polymerase) என்ற என்சைமும், மங்கனீசியத்துடன் இணைந்திருக்கலாம் என்று கருதுகிறார்கள்.

டி என் ஏயும் ஹிஸ்டோனும் சேர்ந்து நியூக்ளியோ புரோட் டீன் காம்ப்லெக்ஸ் (கூட்டுப் பொருள்) ஆகிறது. IM NaCl மூலம் குரோமோசோமிலுள்ள காம்ப்லெக்ஸைப் பிரித்து விடலாம். குரோமோசோமின் 60% முதல் 90% பங்கு இக் காம்ப்லெக்ஸ்கள் தான் இருக்கின்றன.

பிரியும் செல்களில் இவ்விரண்டும் சமபாகமாக உள்ளன, ஆர்என்ஏயும் புரோட்டமினும், அநே அளவில் இருந்தாலும் நியூக்ளியசின் வளர்சிதை மாற்ற நிலையைப் பொருத்து வேறுபடுவ துண்டு. இதனால், நான்கு மைக்ரோமாலிக்கூல்கள் என்று கூறு வதற்குப் பதிலாக இருவகை நியூக்ளியோ புரோட்டீன்கள் இருப்ப தாகக் கூடக் கூறலாம்.

டிஎன்ஏ - ஹிஸ்டோன் காம்ப்லெக்ஸ் (DNA-histone complex) குரோமோசோமின் அடிப்படை யூனிட்டாகும். செல் களின் நிலைக்கேற்ப இதன் அளவு கூடவோ, குறையவோ அல்லது மாறாமலோ இருக்கும். புது டி என் ஏ சேர்க்கையின் போது கூட பழைய டி என் ஏ மாலிக்கூலில் வேறுபாடு ஏற்படுவதில்லை. செல் சுழலின் போது (cell cycle) ஹிஸ்டோனை நீக்கி விட்டு புதிய மாலிக்கூல்கள் அமைவதுமுண்டு. இதனால் டிஎன்ஏ மட்டும் குரோமோசோம்களில் நிரந்தரமாகக் காணப்படுவன என்று கூற லாம். ஹிஸ்டோன் - டிஎன்ஏ இணைப்பை படம் 7 காட்டுகிறது.



படம் 7

ஹிஸ்டோனும் டிஎன்ஏயும்: டிஎன்ஏ திருகு சுழலின் பள்ளத்துடன் ஹிஸ்டோன் இணைந்திருத்தல். டி என் ஏ சுருளின் குறுக்காக ஹிஸ்டோன் விரிந்தால், குரோமோசோம் சுருங்கும் போது, சுருங்கும் ஏஜெண்டாக அமைகிறது.

லைசின்-ஆர்ஜினின் என்ற இரு அமினோ அமிலங்களில் அதிக அளவுள்ள ஹிஸ்டோன்கள் இருக்கின்றன. ஒவ்வொரு செல்லிலும் நூற்றுக்கணக்கான ஹிஸ்டோன் வகைகள் இருப்பதாக முன்பு கூறினாலும் தற்போது கன்றின் தைமஸ் நியூக்ளியஸ்களில் ஆறு அல்லது ஏழுவகைகள் இருக்கின்றன என்று கண்டுபிடித்துள்ளனர். பாஸ்ஃபேட் குருப்கள் (phosphate groups) அயானிக் கட்டுகள் (ionic bonds) ஆகிய இரண்டினால் ஹிஸ்டோன்கள் டி என் ஏயுடன் இணைந்துள்ளன. டிஎன்ஏ கட்டாக (compact) இணைந்து காணப்படுவதற்கு ஹிஸ்டோன் தான் காரணம் என்று சிலர் கூறு கிறார்கள். இடைநிலையிலும் மெட்டாஃபேஸ் குரோமோசோம் களிலும் டிஎன்ஏ - ஹிஸ்டோன் விகிதம் (DNA-histone ratio)

ஒரே நிலையில் இருக்கிறது. இவ் விரண்டின் இருப்பிட இடை வெளியளவில் (pitch) மாறுதல் ஏற்பட்டால், அது சுருங்கிவிடும். ஹிஸ்டோன் நீக்கிய எஞ்சிய புரதம் (residual, (i. e., non-histone protein) இச் சுருக்கத்திற்கு காரணமாக இருக்கலாம். இவ் விகிதத்தில் மாற்றம் ஏற்பட்டால் குன்றல் பிரிவு அசாதாரண மாக (abnormal) இருக்கும் என்று தெரிகிறது. (உ-ம்) வீட்டுத் தேளின் (Sentigera forceps) விந்து சுரப்பியில் இந்நிலை காணப் பட்டது.

ஆர்என்ஏ குரோமோசோமுடன் எப்பொழுதும் சேர்ந் துள்ள (integral puff) அமைப்பாகத் தெரியவில்லை. புரதத் தயாரிப்பின் போது சைட்டோபிளாசத்தில் வேலை செய்கிறது. இன விருத்தி சுரப்பிகள் தவிர மற்ற உடற் செல்களில் குரோமோ சோம்களின் டிஎன்ஏ அளவு மாருத நிலையில் இருக்கிறது. விந்து சுரப்பியில் டிஎன்ஏ இரு மடங்காக உள்ளது. ஓர் உயிரியில் டி என் ஏ அளவில் வேறுபாடு இருக்குமானுல், அதற்கு குரோமோ சோம்களின் எண்ணிக்கையான பலமயம் (polyploidy) காரண மாகும். (உ-ம்: சோளம்) புற்று நோய்க் கட்டிகளிலும் வேறுபாடு காணப்படும் (அனுபிளாய்டி நிலை). மனிதர்களில் மலட்டு (sterile) விந்துகளில் டிஎன்ஏ அளவு குறைவே. உமிழ்நீர் குரோ மோசோம்களில் (salivary gland chromosome) டிஎன்ஏ அளவு அதிகமிருப்பதுண்டு.

ஆகவே டிஎன்ஏயை வேதியற் குறிக்கோள் காரணமாக செல்லின் மரபியற் குறியீடு வழி என்றும், அமைப்புக் குறிக்கோள் காரணமாக, டிஎன்ஏ-ஹிஸ்டோன் என்பது குரோமோசோமின் ஒரு முனையிலிருந்து மறு முனைவரை கலைச்சட்டகம் (architectural skeleton) என்றும் கூறலாம்.

உடற் மெட்டாஃபேஸ் குரோமோசோம்
(Somatic Metaphase Chromosome)

விலங்குகளிலும், தாவரங்களிலும் மெட்டாஃபேஸ் குரோமோ சோம்கள் நெருக்கமாக (compact) அமைந்துள்ளன. (எ-கா) பீன்ஸ், மனிதன். ஆனுல் தேனீயின் குரோமோசோம்கள் மட்டும் சுருளாக அமையாமல் ஒழுங்கற்று காணப்படும். புரோஃபேஸ் நிலையில் தெரியாவிட்டாலும், மெட்டாஃபேசில் அச் சுருள் நன்கு தெரியும். ஏனெனில் முதல் நிலையில் முக்கிய சுருள் எண்ணிக்கை யில் குறைந்தும், குறுக்களவு அதிகமாகியும் காணப்படுவதே.

ஒவ்வொரு குரோமோசோமிலும் முதலாம் சுருக்கம், (primary constriction) அதை இரு கரங்களாகப் பிரிக்கிறது. இதுதான் கைநெட்டோகோர் அல்லது சென்ட்ரோமியர் (kinetochore or centromere) ஆகும். இதுதான் யூசெல்களின் குரோமோசோமிற்குரியதும் இடப் பெயர்ச்சிக்குரியதுமான உறுப்பாகும். சென்ட்ரோமியர் இல்லாது இருக்கும் குரோமோசோம்கள் மெட்டா, அனஃபேஸ்களில், ஸ்பிண்டிலைப் பயன்படுத்தமுடியாதுs குன்றல் பிரிவில், சென்ட்ரோமியர் தெளிவாகத் தெரியும். நீண்ட குரோமோசோமில் நிறமேற்றப்படாத பகுதிக்கு நியூக்ளியோலார் அல்லது இரண்டாம் சுருக்கம் (secondary constriction) என்று பெயர்.

நியூக்ளியோலார் இடைவெளிக்குப்பின் ஒட்டினுற் போல் காணப்படும் பகுதிக்கு சேட்டிலைட் (satellites) என்று பெயர். குரோமோசோம்களின் ஒற்றைமயச் சோடியில் (haploid set) எவ்வளவு சேட்டிலைட்டுகள் இருக்கின்றனவோ, அவ்வளவு நியூக்ளியோலஸ்கள் உற்பத்தியாகின்றன என்பதாகும். மனிதனின் ஐந்து குரோமோசோம்களில் அவ்வாறுன சேட்டிலைட்டுகள் காணப்படுகின்றன. அதனுல் ஒவ்வொரு உடற் செல்லிலும் 10 நியூக்ளியோலைகள் உண்டாகின்றன. ஒன்றிலொன்று இணைந்து காணப்படுவதால் அவைகள் தனித்துக் காணப்படுவதில்லை. சில உயிரிகளின் குரோமோசோம்களில் சேட்டிலைட்டுகள் மிகச் சிறியனவாக இருப்பதால் தெளிவாகத் தெரிவதில்லை.

மியோட்டிக் புரோஃபேஸ் குரோமோசோம்கள் (Meiotic Prophase Chromosomes)

இனச்செல் சுரப்பிகளில் குன்றல் பிரிவின் போது குரோமோசோம்கள் தெளிவாகத்தெரிவது தெரிந்ததே. அவைகள் நீள வாட்டத்தில் அமைந்துள்ளன (linear pattern). இவ்வமைப்பைக் கொண்டு ஒன்றிலிருந்து மற்றொன்றை வேறுபடுத்தி தெரிந்து கொள்ளலாம். குரோமோசோம்களுக்கு நிறமேற்றப்பட்டால், நிறமேறிய இடமும், நிறமேறாத இடமும் அடுத்தடுத்து தெரிவதுண்டு. கறுப்பாக நிறமேறிய பகுதிகளுக்கு குரோமோமியர்கள் (chromomeres) என்று பெயர். சோளத்தின் (maize) குரோமோசோம்களில் பெரிய முடிச்சு போன்ற குரோமோமியர்களும், ரை (rye) யின் குரோமோசோம்களில் சிறிய ஒத்த அளவுள்ள குரோமோமியர்களின் அமைப்பு பற்றி விளக்க இரு கொள்கைகள் (hypothesis) உள்ளன. 1. குரோமோமியர் கொள்கை (chromomere hypothesis): இக் கொள்கைப்படி குரோமோ

மியர், குரோமேட்டின் அல்லது குரோமோனீமா (chromatin or chromonema) என்ற மற்ற பகுதிகளிலிருந்து, அமைப்பில் வேறு பட்டதே. ஏனெனில் குரோமோமியர், குரோமோனீமாவை விட பெரியதாக இருப்பதாலும், அதிக அளவு நிறமேறக்கூடிய நியூக்ளியோபுரதம் (nucleoprotein) அல்லது நியூக்ளிக் அமிலத் தைப் பெற்றுள்ளதுமாகும். இக் கொள்கைக்கு உதவியாக பார் வைக்கு இவைகள் அவ்வாறு தெரிவதேயன்றி பிற சான்றுகள் இல்லை. 2. நுண்ணோக்கியில் குரோமோனீமா ஒரு சீரான நூல் போன்று தெரிவதுடன் அந் நூலால் குரோமோமியர்கள் எப் பொழுதும் சுருண்டு காணப்படும். குரோமோனீமாவை நீட்டி விட்டால், ஒரு சீரான அமைப்பு தெரியும். புரோஃபேஸின் இறுதி நிலையில் தெளிவாகத் தெரியும் வரை வெட்டுக்கிளி குரோமோ மியரின் (சுருள்) பருமன் அதிகரித்துக் கொண்டும், எண்ணிக்கை குறைந்து கொண்டும் செல்லும்.

மியோட்டிக் மெட்டாஃபேஸ் (அல்லது) அனுஃபேஸில் சென்ட் ரோமியர் (centromere) வெகுதெளிவாகத் தெரியும். குரோமோசோம் துருவங்களுக்கு (poles) நகரும்போது, தெளிவான குமிழ் போன்றுத் தெரியும். பாக்கீடின் நிலையில் இது எளிய நிறப் பகுதியாகவும், அப்பகுதியின் பக்கங்களில், குரோமேட்டின் தனிமங்கள் அதிகமாகவும் காணப்படும். சோளத்தின் சென்ட்ரோமியரில், பல குரோமோமியர்கள் காணப் படுகின்றன.

சில குரோமோசோம்களில் மூன்ருவதாகத் தெரிவது நியூக்ளியோலார் ஆர்கனைசர் (அமைப்பாளர்) (nucleolar organizer) ஆகும். இதுவும் பாக்கிடின் நிலையில் தெரியக் கூடியதே. இது உள்ள இடத்திலிருந்து நியூக்ளியோலஸ் உண்டாகிறது. ஒற்றைமயச் சோடி (haploid set) குரோமோ சோம்களில் நியூக்ளியோலார் ஆர்கனைசரின் எண்ணிக்கை உயிரிக்கு உயிரி வேறுபடும். உதாரணமாக சோளத்தில் ஒன்றும், மனிதனில் ஐந்தும் காணப்படும். விதிப்படி ஓர் ஒற்றைமய சோடி குரோமோசோமிற்கு குறைந்தது ஒரு நியூக்ளியோ லார் ஆர்கனைசர் இருக்கும். இப்பகுதி நீக்கப்பெற்ருல், நியூக்ளி யஸ் அசாதாரணமாகப் பழகி, இறுதியில் இறந்துவிடுகிறது. ஆர் என் ஏயை உற்பத்தி செய்யும் ஒரு சுறுசுறுப்பான இடமாக நியூக்ளியோலார் ஆர்கனைசர் இருப்பதாலும், அது இல்லாமல் அவ்வுயிரி உயிர்வாழ முடியாததிஞலும் அப்பகுதியின் முக்கி யத்துவம் தெரிகிறது. (உ-ம்) ஆப்பிரிக்கா நாட்டு மியூட்டண்ட்

நகரத்தேரையின் (Xenopus) இரு உயிரியில் (embryo) செய்த சோதனையில் நியூக்ளியோலஸ் நீக்கப்பட்டது. அதில் நியூக்ளி யோலார் ஆர்கனேசர் இல்லாத காரணத்தால் இறந்துவிட்டது- நியூக்ளியோலார் ஆர்கனேசர், நியூக்ளியோலஸ்களை உற்பத்தி செய்வது என்பது மரபியல் கட்டுப்பாட்டினுல் (genetic centre) நிகழ்கிறது.

நியூக்ளியோலஸ் (Nucleolus)

குரோமோசோமிலிருந்து இணைப்பகற்றக்கூடிய தொன்ருகவும் (detachable) ஒவ்வொரு செல் சுழற்சியிலும் (cell cycle) புதுப்பிக்கக் கூடியதாகவும் கருதவேண்டும். மியோட்டிக் அல்லது மைட்டோட்டிக் பிரிவாக இருந்தாலும, புரோஃபேஸ் இறுதியில், இது குரோமோசோமிலிருந்து மறைந்து விடுகிறது. பிறகு டீலோஃபேஸ் நிலையில் திரும்பவும் புதுப்பிக்கப்படுகிறது. மறை வதும், தோன்றுவதுமாக இருக்கும் இச்சுழற்ச்சியின் காரணம் இன்னும் தெளிவுபடுத்தப்படவில்லை. இருப்பினும் நியூக்ளியோ ல்ஸை உண்டாக்கும் குரோமேட்டிட்கள் அனஃபேஸ் நிலையில் தெளிவுறபிரிப்பதற்காக இருக்கலாம் என்று கருதுகிருர்கள். இது ஒரு மிகஎளிய உறுப்பாகும். இதற்கு வெளிச்சவ்வு இல்லை. அதிக அளவு ஆர்என்ஏயும், அடிப்படை புரதமும் அதனுள் இருக்கின் றன. ஒளி மைக்ராஸ்கோப் மூலம் பார்த்தால் அது இழைபோன்று தோன்றும். அவ்விழைக்கு நியூக்ளியோலெம்மா (nucleolemma) என்று பெயர், (உ-ம்) எலியின் சுவாசஎப்பீத்தீலீயம் (Dr. Borysko). ஆனுல் இதன் வேலை என்னவென்று இன்னும் விளங்கவில்லை. ரைபோசோம் போன்ற பொடிகள் நியூக்ளியோலஸில் இருக்கின் றன. இவைகள் சைட்டோபிளாசத்திற்குச் சென்று புரதச் சேர்க்கையில் பங்கு கொள்கின்றன. ஆகவே நியூக்ளியோலார் ஆர்கனேசர், ரைபோசோமில் ஆர்என்ஏயையும் புரதத்தையும் தயாரிப்பதில் முக்கிய பங்கு கொள்கிறது.

ஒளி மைக்ராஸ்கோப் மூலம் பார்க்கும்போது பாக்கிடீன் குரோமோசோம்கள் தனித்து நீளமாகத் தெரிகிறது. ஆனுல் வேதியல் ஆய்வுப்படி பெரும் பகுதி டிஎன்ஏ இரட்டிப்பு நிலைக்கு (intierphase) முன்பே நடைபெற்று விடுகிறது. தைமிடின் கூட்டிணைப்பு மட்டும் பேக்கினீமா நிலைவரை தொடர்ந்து நடை பெற்றுக் கொண்டிருக்கிறது. பேக்கினீமாநிலைக்குப்பின்குரோமோ சோம்கள் இரட்டையாக நீண்டு காணப்படுகிறது. ஆகவே ஒவ்வொரு குரோமோசோமும், குறைந்தது இரு முறுக்கிழைகளை (strand) இந்நிலையில் பெற்றிருக்கின்றன என்று தெரிகிறது.

லேம்ப் பிரஷ் குரோமோசோம்கள் (Lamp Brush Chromosomes)

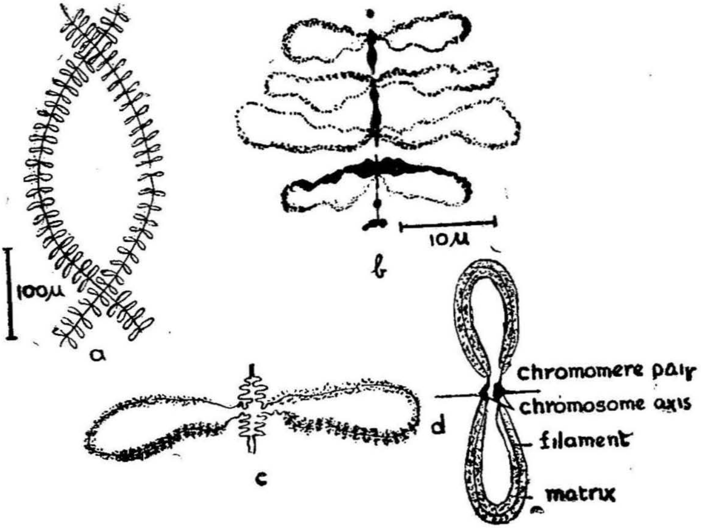
இவைகளின் அமைப்பை வைத்து விளக்குத்திரி குரோமோசோம்கள் என்றோ அல்லது சோதனைக்குழாய் பிரஷ் குரோமோசோம்கள் என்றோக் கூறலாம். சில விலங்குகளின் ஊசைட் (oocyte) நியூக்ளியஸ்களில், மியோசிஸ் பிரிவின் புரோஃபேஸ் நிலையில் இவைகள் தெரியும். அவைகள் டிப்ளொட்டீன் நிலையில் இருக்கின்றன. முட்டை முதிர்ச்சி அடையும் சுமார் ஓர் ஆண்டு காலம்வரை அவ்வாறே இருக்கும். இவ்வகைக் குரோமோசோம்கள் மீன், நீர்நில வாழ்வன, பறவைகள், ஊர்வன எல்லாவற்றிலும் காணப்பட்டாலும் அதிக ஆராய்ச்சி நீர் நில வாழ்வனவற்றில்தான் நடந்துள்ளது. இவைகள்தான் இருப்பவைகளில் மிக நீளமுள்ளன. ஏனெனில் இவைகள் சுருண்டிராமல் இருப்பதும் அதிக அளவு டிஎன்ஏ உள்ளதும் காரணமாகும். (உ-ம்) நியூட் என்ற டிரைட்டியூரஸ் (triturus).

தவளையில் (Rana Temporaria) 13 சோடிக் குரோமோசோம்கள் உள்ளன. அவைகளை தனித்தனியே பிரிக்கமுடியும். ஏனெனில் ஒவ்வொன்றிற்கும், குறிப்பிட்ட அமைப்புள்ள குரோமோமியர்கள் உண்டு. சிலவற்றில் தனித்தனி வளையங்கள் அல்லது லூப்புகள் (loopes) இருக்கின்றன. மிகவும் நீண்டுள்ளபோது ஒவ்வொரு குரோமோசோமும் 800 முதல் 1000μ நீளமிருக்கும். நியூட்டில் (Triturus Viridescens) 11 சோடி குரோமோசோம்கள் உண்டு. 350 முதல் 800μ நீளமும், மொத்தத்தில் 5900μ நீளமும் இருக்கும் (படம் 8).

இக் குரோமோசோமின் அச்சு (axis) ஒளி மைக்ராஸ்கோப் மூலம் தெளிவாகத் தெரியாது. ஆனால் ஒவ்வொன்றும் இரு குரோமேட்டிட்களால் ஆனது. ஏனெனில் அதில் குறுக்கெதிர் மாற்றம் (crossing over) முன்னமேயே நிகழ்ந்திருக்கிறது. அச்சினூடே ஒழுங்கற்ற முறையில் இடைவெளி விட்டு விட்டு பல பருமனில் குரோமோமியர்கள் அமைந்துள்ளன. நியூட்டில் (newt) சுமார் 5000 குரோமோமியர்கள் இருக்கின்றன. ஒவ்வொரு குரோமோமியரிலிருந்தும் பிரஷ் போன்ற சோடி லூப்புகள் (இரு பக்கங்களிலும்) கிளம்புகின்றன. ஒவ்வொரு லூப்பும் அல்லது சோடி லூப்புகளும் ஒத்த பருமனாக இருக்கும் (படம் 8).

ஒரு சில சமசீரற்றும் காணப்படுவதுண்டு. ஏனெனில் குரோமோமியரிலிருந்து அந்த லூப்பின் ஒரு பக்க ஆரம்பம் மெல்லியதாகவும், மறுபக்கம் மொத்தமாகவும் இருப்பதே. பல உருவ

இழைகள் அல்லது காம்புள்ளதுகள்கள் அந்த லூப்புகளிலிருந்துநீட்டிக் கொண்டிருக்கின்றன. இப்பகுதிக்குமேட்ரிக்ஸ் (matrix) என்று பெயர். குரோமோமியர் சுருளாக இருப்பதால், இடைக்குரோமோமியர் அச்சைவிட தடித்துக் காணப்படுகிறது (படம் 8c & d).



படம் 7,

நியூட்டின் லேம்ப்பிரஷ் குரோமோசோம்.

(a) இரு கியாஸ்மேட்டா உள்ள ஒரு பைவேலன்ட் சோடியாக இரு லூப்புகள் ஒத்த ஒவ்வொன்றிலிருந்தும் பரவுதல்.

(b) நான்கு அடுத்தடுத்த லூப்புகள் பெரிதாகக் காட்டப்பட்டுள்ளது- தடித்தும் மெலிந்தும் காணப்படுவது புரதச் சேர்க்கையைப் பொறுத்துள்ளதே. தடித்த இடத்தில் புரதம் அதிகமாகச் சேர்க்கப் பட்டுள்ளது.

(c) லூப்பும் குரோமோமியருக்கும் விளக்கம். குரோமோமியரின் ஒரு பகுதியே லூப்பாகும். இது பக்க வளர்ச்சி என்பதைவிட நீள வாட்டில் அமைந்துள்ளது என்று கூறலாம்.

(d) தனி லூப் மட்டும் பெரிதாகக் காட்டப்பட்டுள்ளது.

வெவ்வேறு பட்ட சுருளமைப்பினுல், குரோமோமியர்கள் மாற்ற மடையாமல் காணப்படுகிறது. இம் மாருத் தன்மை அக் குரோமோசோமின் வெவ்வேறுபட்ட வேதியல் அமைப்பைப் பிரதிபலிக்கிறது. அந்த லூப்பு, அச்சின் பகுதியாக இருப்பதால்

நீளவோ, உள்ளடங்கவோ முடிகிறது. அதனால் குரோமோமிய ருக்கும், அதைச் சேர்ந்துள்ள லூப்புகளுக்கும் பரஸ்பர தொடர்பு இருந்து கொண்டிருக்கிறது. இவ் விரண்டில் ஒன்று சிறியதாக இருக்கும்போது மற்றொன்று பெரியதாகவும் அல்லது எதிர்மறை யாகவும் (vice versa) இருக்கும்.

இந்த லூப்புகளைப் பிரித்து குரோமோசோம் நீளத்துடன் சேர்த்துப் பார்ப்போமானால் (உ-ம்) நியூட்டின் ஒற்றை மயம் குரோமோசோம் (triturus). அது குறைந்தது சுமார் 50செ.மீ. நீளமிருக்கும். ஆனால் எந்த ஒரு சமயத்திலும் டி என் ஏயின் 1/20 பங்குதான் லூப்பாக நீண்டிருக்கிறது. ஒட்டு மொத்தமாகக் கணக்கிட்டால் டிஎன்ஏயின் நீளம் சுமார் 10மீ தான் இருக்கும். காலும் காலனும் (G. Gall and H. G. Callan) இம் முறையில் டிஎன்ஏயின் அளவையும் கணக்கிட்ட நீளத்தையும் ஒத்துக் காட்டியுள்ளனர். குரோமோசோம் அச்சு, குரோமோமியர் சோடி இழை ஆகியவற்றில் டி என் ஏயும் இழையை ஒட்டியுள்ள மேட்ரிக்ஸில் (matrix) ஆர்என்ஏயும், புரதமும் இருக்கிறது என்று கணடுள்ளார்கள்.

ஒவ்வொரு லூப்பும், குரோமோசோமின் சுறுசுறுப்பான (active) மரபியற் பொருளாகும். வளரும் முட்டைகளில் லூப்பு கள் ஆர்என்ஏயை, பொருட் கூறுகளிலிருந்து உண்டாக்கி நியூக் ளியர் ரசத்திற்கும் பிறகு சைட்டோபிளாசத்திற்கும் அனுப்பு கின்றன. அதைக் கொண்டு அம் முட்டை வளருகிறது. ஆனால் அண்மை ஆராய்ச்சியினால், முட்டைகள் பயன்படுத்தும் எம். ஆர்என்ஏ (messenger RNA) யாகவும் தாயிலிருந்து கிடைத் தன என்று தெரிகிறது. கருக்கோள நிலை (gastulation) ஆரம்ப மாகும் வரை புது ஆர்என்ஏ பொருட் கூறுகளிலிருந்து உண்டாக வில்லை என்றும் தெரிகிறது. மேலும் குரோமோசோம்கள் ஒற்றை மய சோடியில் (haploid set) குறைந்தது ஒரு குரோமோசோமி லாவது ஒரு நியூக்ளியோலார் ஆர்கனைசர் இருக்கும். சாதாரண நியூக்ளியோலார் ஆர்கனைசரில் ஒரு சுழற்சிக்கு (cell cycle) ஒரு நியூக்ளியோலஸ்தான் உண்டாகிறது. ஆனால் லேம்ப் பிரஷ் குரோமோசோமில், நியூக்ளியோலார் ஆர்கனைசர் தொடர்ந்து நியூக்ளியோலஸ்களை உண்டு பண்ணிக் கொண்டே இருக்கின்றன. அவைகள், பிறகு இணைப்பகற்று (detach) நியூக்ளியர் ரசத்தில் மிதந்து கொண்டிருக்கும். இந் நியூக்ளியோலஸ்கள் கெட்டியான உறுப்புகளாக இல்லாமல் கிள்ளி எடுக்கப்பட்ட வளையங்கள் போன்று தோன்றுகின்றன. ஒரு நியூக்ளியஸில் சுமார் 1000 வளையங்கள் கூட தென்படும். ஊசைட் வளரும் போது நியூக்ளி

யோலார் ஆர்கனேசர் நியூக்ளியோலஸ்களை உற்பத்தி செய்து கொண்டிருக்கின்றன. அவைகள் சைட்டோபிளாசத்தின் ரைபோசோம்களுக்கு தோற்றுவாயாக (source) அமைகின்றன. ஊசைட்டின் ஆரம்ப வளர்ச்சிக்கு இந்த ரைபோசோம்கள் பயன்படுகின்றன. ஏனெனில் பிளவிப் பெருகும் போது (cleavage) நியூக்ளியோலஸ்கள் உற்பத்தியாகவில்லை.

ஆசான்-அடிமைக் கோட்பாடு
(The Master and Slave Hypothesis)

லேம்ப் பிரஷ் லூப்பிற்கு தற்சமயம் டிஎன்ஏ அடிப்படையில் விளக்கம் கொடுக்கப்பட்டுள்ளது. காலனும் லாயிடும் (Callan and Llyod) இதைப் பற்றி விளக்கும் போது, ஒரு ஜீனின் படிகளே (duplicate copies) தொடர்ச்சியாக அமைந்துள்ளன என்றும் அதில் ஒன்று ஆசான் படி மியூட்டேஷனாகவும்(master copy mutation) மற்றவைகள் அதன் மாற்றங்கள் என்றும் கூறினர். அதிலிருந்து எம். ஆர்என்ஏ (messenger RNA) சேர்க்கப்பட்டது என்றும் மேலும் கூறினர். காலன் (1967) இதற்கு ஆசான்-அடிமைக் கோட்பாடு என்று கூறினர். ஒன்றின் பகுப்பு (complementary) அடிமையாகவும் மற்றொரு பகுதி ஆசானாகவும் பழகுகின்றன. அடிமைப் பகுப்பு ஆசான் பகுப்புடன் சேர்கிறது. இவ்விரண்டின் நியூக்ளியோடைட் சேர்க்கை மியூட்டேஷனால் வேறுபட்டால் சரியற்ற சோடியுடன் அடிமை ஹைபிரிட் டிஎன்ஏ ஏற்படுகிறது. இதைத் திருத்தியமைப்பதும் நிகழ்கிறது என்று கருதுகின்றன. அடிமைப் பகுதியான நியூக்ளியோடைட் நீக்கப் பட்டு ஆசான் தொடரின் வார்ப்பு புதியதாக உண்டாக்கப்பட்டு இணைவதாகக் கூறுகின்றனர். இப் பகுதிகள் யாவும் மறுசேர்க்கையை (recombination) ஒத்திருக்கிறது.

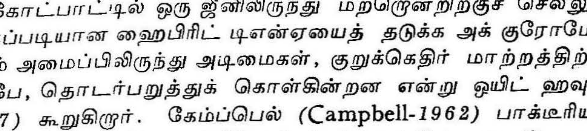
மேற்கூறிய கோட்பாட்டை அடிப்படையாகக் கொண்டு குரோமோசோம் அமைப்பிற்கு சைக்ளாய்டு மாடல் (cycloid model) தரப்பட்டிருக்கிறது. காலன் (Callan 1967) விளக்கும் போது லேம்ப் பிரஷ் குரோமோசோம் லூப்புகள், குறுக்கெதிர் மாற்றத்தில் பங்கு கொள்வதில்லை என்கிறார். அதற்கு மூன்று சான்றுகள் கொடுத்துள்ளார்.

1. லூப்புகளில் கியாஸ்மேட்டாவைப் பார்த்ததில்லை.

2, குறுக்கெதிர் மாற்றம் நடைபெறும் நிலையான ஆரம்ப புரோஃபேஸ் குன்றல் பிரிவில், குரோமோமியர்கள் தெளிவாகத்

தெரிகிறது. அம் மாற்றத்திற்குத் தக்கவாறு ஒத்த சோடிகள் இல்லை. பாக்கிடீன் நிலையில் ஒத்த குரோமோசோம்கள் சினுப் டானுக்கு (synapton) வெளியே இருக்கிறது.

3. ஆசான்-அடிமை கோட்பாட்டிற்கு ஏற்ப, குன்றல் பிரிவில் இரு அடிமைகளுக்கிடையே சோடி இணைவு (pairing) ஏற் படுகிறது. உதாரணமாக 5வது எண் குரோமோசோம் மற்றொரு பெற்றோரின் அடிமையான 6வது எண் குரோமோசோமுடன் இணைகிறது. குறுக்கெதிர் மாற்றமும் இரு அடிமைகளுக்கிடையே நிகழ்வதில்லை. ஆகவே குறுக்கெதிர் மாற்றம் இடை குரோமோ மியர் பகுதியில் அமைந்துள்ள ஆசான் படிகளிடையே (master copies) மட்டும் நிகழ்வதாக காலன் (Callan) கூறுகிறார். மேலும் ஆசான் படிகளின் ஜீன்கள் அடிமைகளினுல் பிரிக்கப்பட்டிருந் தால், அதாவது அவைகள் குறுக்கெதிர் மாற்றத்தில் பங்கு பெறு திருந்தால் குறுக்கெதிர் மாற்றத்தின் ஹைபிரிட் டிஎன்ஏயின் ஒரு ஜீன் அடுத்துள்ளதுடன் குறி கடந்து எய்யாது (over shoot). இக் கோட்பாட்டில் ஒரு ஜீனிலிருந்து மற்றொன்றிற்குச் செல்லும் அதிகப்படியான ஹைபிரிட் டிஎன்ஏயைத் தடுக்க அக் குரோமோ சோம் அமைப்பிலிருந்து அடிமைகள், குறுக்கெதிர் மாற்றத்திற்கு முன்பே, தொடர்பறுத்துக் கொள்கின்றன என்று ஒயிட் ஹவுஸ் (1967) கூறுகிறார். கேம்ப்பெல் (Campbell-1962) பாக்டீரியா குரோமோனீமாவில் எப்பிசோம் (episome) இவ்வாறு தொடர் பறுத்துக் கொள்வதாகக் கூறியுள்ளார். அதாவது இங்கு இரு முனைகளுக்குமிடையே நிகழும் குறுக்கெதிர் மாற்றத்தை குறிப் பிடுகிறார்.



காலனும், காலும் கண்டறிந்த ஆசான்-அடிமை குரோமோசோம்கள்

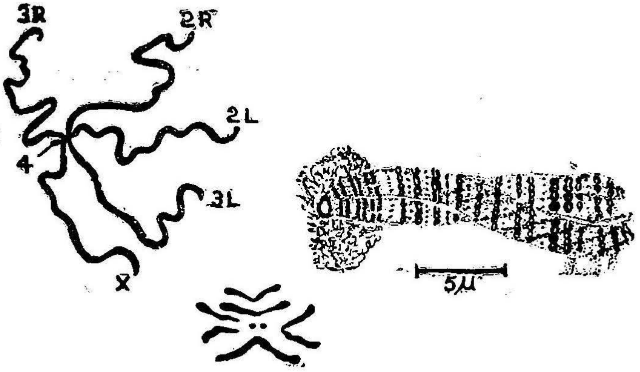
I இரட்டிப்பு டுப்ளிகேட் ஜீன்கள், டிஎன்ஏ அச்சில் புகுத் தப்பட்டதினுல் ஒழுங்கற்ற சைக்ளாய்டுகள்.

II பாக்கிடீன் நிலையில் இரட்டிப்பு நீக்கப்பட்டு டிஎன்ஏ வளையல்களாகத் தோன்றுதல். 8 ஆசான் ஜீன்களும், 2, 4, 8 அல்லது 16 அடிமைப் பிரதிகளும் காட்டப்பட்டுள்ளது. குறுக்குக் கோடுகளும், அம்புக்குறிகளும், ஒவ்வொரு ஜீன் பிரதியின்முனையும்,

போகும் திசையையும், இரட்டைக் கோடுகள் வெவ்வேறு (unlike) ஜீன்களையும் குறிக்கின்றன. O எழுத்து ஒவ்வொரு ஜீனின் மறுசேர்க்கை ஆப்பரேட்டரைக் குறிக்கிறது. டிஎன்ஏ லூப்புகள் அல்லது வளையங்கள் குரோமோமியர்களைக் குறிக்கின்றன.

உமிழ் நீர்ச்சுரப்பி குரோமோசோம்கள் (Salivary Gland Chromosomes)

1881ஆம் ஆண்டு பால்பியானி (Ballbiani) என்பவர் டிப்டீரா (Diptera)இனத்துப் பூச்சிகளின்உமிழ்நீர்ச்சுரப்பியிலிருந்து இந்த குரோமோசோம்களைக் கண்டார். இவைகள் மற்ற குரோ



படம் 9.

டுரோசோபைலாவின் உமிழ்நீச் சுரப்பி குரோமோசோம்.

(மேல்) வெண்பூச்சியின் உமிழ்நீர் சுரப்பி குரோமோசோம். (X) இருசாயல்கள் ஆட்டோசோம்கள். (2L. 2R, 3L, 3R) சிறிய குரோமோசோம். [4) டிப்ளாய்டு குரோமோசோம்கள்.

(மத்தி) 4ம் குரோமோசோம் பெரிதாகக் காட்டப்பட்டுள்ளது. பட்டை அமைப்பும் கரைந்த தன்மையுள்ள குரோமோசென்ட்ரும் ஒத்த இரு பகுதிகள் இணைந்து காணப்படுதல்.

(கீழ்) ஒரு சுரப்பி செல்லின் மெட்டாஃபேஸ் குரோமோசோம்கள்,

மோசோம்களைவிட மிகப் பெரியதாக இருப்பதால் பூத குரோமோசோம்கள் (giant chromosomes) என்றும் கூறுவதுண்டு. வெகு ஆண்டுகள் வரை குரோமோசோம்களின் முக்கியத்துவத்தை யாரும் உணரவில்லை. அவைகளின் முறுக்கிழை அமைப்பும்,

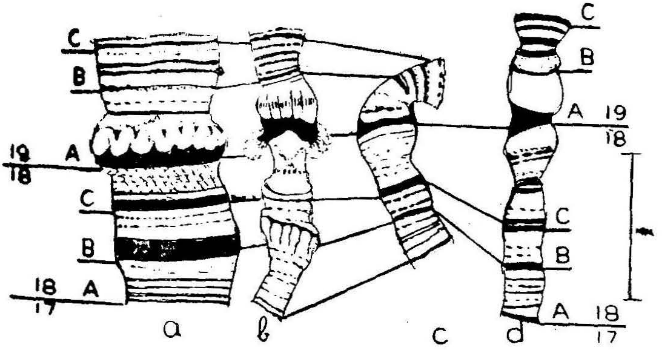
ஜீன்களின் நீளக்கோட்டு அமையவும், சுட்டிக் காட்டியபின் தான் மேற்கொண்டு ஆய்ந்து ஒரு சோடி ஒத்த குரோமோசோம்கள் இணைந்து காணப்படுகின்றன என்று உறுதிப்படுத்தினர். இதற்குப் பின் டுரோசோபைலா போன்ற பூச்சிகளில் ஜீன்களின் இருப்பிடத்தை ஆராய்ந்து வெளியிட்டனர் (படம் 9).

டுரோசோஃபைலா மெலனோகாஸ்டர் (Drosophila melanogaster) என்ற பழப்பூச்சியின் மூன்றும் தோலுரி லார்வாவில் (3rd instar) இக் குரோமோசோம்களைக் கண்டனர். உடற் மெட்டாஃபேஸ் குரோமோசோம்களைவிட சுமார் 100 பங்கு பெரியதாக இவைகள் தெரிந்தன. உடற் குரோமோசோம்கள் 7.5μ தான் இருக்கும். இக் குரோமோசோம்களை பூச்சு முறைப்படி (smear) செய்து பற்றியிழுத்தபின் (stretched) 1180 முதல் 2000μ நீளமிருந்தன. கைரோனோமஸ் (Chironomus) என்றமற்றொருபூச்சியில் (Diptera) ஒரு சோடி இணைந்த குரோமோசோம்களின் விட்டம் 20μ ஆகவும், நீளம் 270μ ஆகவும் இருந்தன. இன்னும் சில இவைகளை விடப் பெரியதாக இருந்தன.

உருவத்தை விட இவைகளுக்கு மற்ற இரு முக்கிய பண்புகள் இருக்கின்றன. 1. ஒத்த குரோமோசோம்கள் (homologous chromosomes) ஒரு மாதிரியான இணைவைக் (synapsis—somatic pairing) காட்டுகின்றன. இவ்விணைவு பேக்கினீமா நிலையில் மியோட்டிக் குரோமோசோம்கள் இணைவது போன்றிருக்கிறது. 2. இக் குரோமோசோம்கள் ஒரு தெளிவான குறுக்குப் பட்டை (distinct transverse branding) அமைப்பைப் பெற்றுள்ளன. இக் குறுக்குப் பட்டை நிறமேறக்கூடியதும், நிறமேறக் கூடாததுமான பரப்பிடங்களினுல் இப்பட்டைகள் மாறி மாறி அமைந்துள்ளன. இப் பட்டைகள் கனத்திலும், மற்ற அமைப்புகளிலும் வேறுபட்டுக் காணப்பட்டாலும், அக் குரோமோசோமின் முழு நீளத்திற்கு செம்மையான வரைப்படம் (mapping) வரைய முடியும். மிக நுட்பமாக இக் குரோமோசோமின் லோகை (loci = இடங்கள்) குறிப்பிடப்பட்டுள்ளது.

டுரோசோபைலாவிலுள்ள உமிழ் நீர்ச் சுரப்பியின் (படம் 9) நியூக்ளியஸில் ஒன்று குட்டையானதும், ஐந்து நீண்டதுமான முறுக்கிழைகள் (strands) உண்டு. அவைகள் ஒரு திரளிலிருந்து (mass) ஆரக்கரம் போல் கிளம்புகின்றன. அத் திரளிற்கு குரோமோசென்டர் (chromocenter) என்று பெயர். குறுகிய முறுக்கிழையில் சில பட்டைகளே உண்டு. இது IV குரோமோசோமாகும். நீண்ட முறுக்கிழைகளில் ஒன்று X-குரோமோசோ

மாகும். மற்ற நான்கு முறுக்கிழைகள், II, III குரோமோசோம் களின் நீளக்கரங்களாகும். இவைகள் யாவும் சென்ட்ரோமியர் பகுதியின் குரோமோசென்டரில் இணைந்துள்ளன. Y குரோமோ சோம், குரோமோசென்டரில் மறைந்துள்ளது. ஏனெனில், இது மிக எளிமையாக நிறமேற்கிறது. லார்வாவின் உடற் குரோமோ சோமிலிருந்து (somatic chromosome) இவைகள் வளருகின்றன. இவைகள் இணைவதற்கு முன் நான்கு முறுக்கிழைகளைக் கொண் டிருந்தன. இணைவு (synapsis) நிகழும் போது, இவைகள் விட்டத் திலும் நீளத்திலும் அதிகரித்துக் கொண்டே சென்றன. இதற்குக் காரணம், ஒத்த சோடிகள் சுருண்டு திரித்துக் கொண் டதே. விட்டம் அதிகமானதற்குக் காரணம் ஒவ்வொரு குரோ மோசோமும் இரட்டித்ததே, ஆனல் குரோமேட்டின் முறுக்



படம் 10.

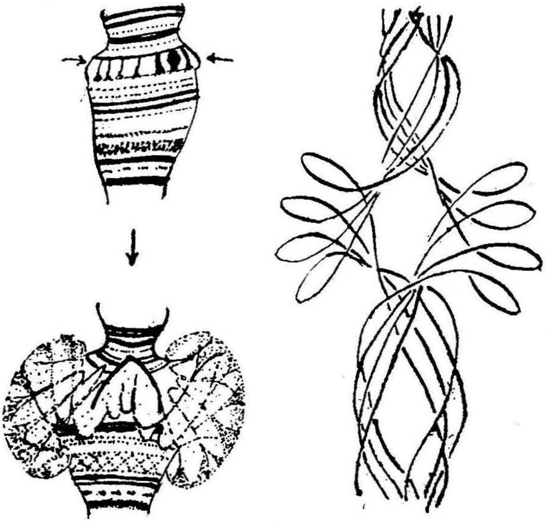
கைரோனமஸின் பாலிடீன் குரோமோசோம்கள், ஒவ்வொன்றிலும் காணும் தோற்றம்.

a. உமிழ்நீர்சுரப்பி
b: மால்பிஜியன் குழாய்கள்
c. மலக்குடல்
d. மத்தியக்குடல்

கிழைகள் தெரியும்படியாக பிரியவில்லை. இச் செயல்கள் டிஎன்ஏ இரட்டித்ததின் (replication) விளைவேயாகும். இந் நிகழ்ச்சிகள் நியூக்ளியஸ் உருவத்திற்கும், செல்லின் டிஎன்ஏ அளவிற்கும் உள்ள ஒரு நல்ல தொடர்பை விளக்குகின்றன. ஒவ் வொரு நகல் குரோமோமியரும், வளர்ச்சியின்போது நீளவாட்டில் பிரிக்கப்பட்டு பல சிறிய குரோமோமியர்களாகின்றன. ஒத்த குரோமோமியர்கள் பெரிதாகுதல் (enlargement), இரட்டித்தல் (duplication), ஒன்று சேருதல் (aggregation) ஆகிய செயல்

களினுல் குறுக்கு நிறமேறியப் பட்டைகள் (transverse chromatic bands) போல் தோன்றுகின்றன. ஆகையால் குரோமோசோம் பல முறுக்கிழைகளாக அல்லது பாலிடீன்களாக (multistranded or polytene) ஆகின்றன. ஆனுல் தனித்தனி குரோமேட்டின் முறுக்கிழையும் (சுமார் 1024 உள்ளன) ஒளி மைக்ராஸ்கோப் நிலையில் தெளிவில்லாமலே இருக்கின்றது.

பாலிடீனி (Polyteny) கொள்கையை சில சோதனைச் சான்றுகள் உறுதிப்படுத்துகிறது. ஒரு தனி குறுக்குப் பட்டையில் சுமார் 16 தனிமங்கள் இருக்கின்றன. குரோமோசோம் சரிவர விரிவுப்படுத்தப்படா விட்டால், அப் பட்டை தெளிவாகத் தெரி-



படம் 11
கைரோனுமஸ் பாலிடீன் குரோமோசோமின் ஒரு பகுதி நிலையும் பஃப் அற்ற பகுதி நிலையும்.

யாது. டு. மெலனேகாஸ்டரின் X-குரோமோசோமில் சுமார் 1000 பட்டைகளுக்கு மேல் இருப்பதாகக் கணக்கிட்டுள்ளனர். சில பட்டைகள் தடிமனகவும், சில எளிமையாகவும் இருக்கின்றன. எளிமையான பட்டைகளில், துகள்கள் காணப்படும். அவைகள் ஒவ்வொன்றும் குரோமோமியர்களாகும். குரோமோமியர்கள் கெட்டிப் பொருளா (solid bodies) அல்லது சுருளமைப்பா (coiled

structure) என்பது இந்நேரத்தில் (moot) ஆராய்ந்து தெளிவு காண வேண்டிய ஒன்ருகும்.

இம் மாதிரியான குரோமோசோம்கள், உமிழ் நீர்ச்சுரப்பிகளில் மட்டுமல்லாமல், மால்பீஜியன் குழாய்கள், கொழுப்பு உறுப்புகள், அண்ட சுரப்பியின் செவிலிச் செல்கள் (nusre cells), குடல் எப்பித்திலியங்கள் போன்றனவைகளிலும் காணப்படுகின்றன. ஆனுல் அவைகள் இவ்வளவு பெரியதாக ஆவதில்லை. மேலும் அவைகளை அவ்வளவு எளிதாகவும் பிரித்து எடுக்க முடிவதில்லை. பாலிடீன் குரோமோசோமின் பட்டை அமைப்பும், உருவமும் (படம் 10) ஓர் உயிரியின் பல்வேறு நிலைகளில்(லார்வா, திசுக்கள்) வேறுபட்டே காணப்படுகின்றன. பட்டைகள் ஒற்றுமையாகக் காணப்பட்டாலும், தனித்தனி பட்டையும் நிறமேற்றத்தில் வேறுபட்டுக் காணப்படுகின்றன. பட்டைகளின் மாற்றுத் தோற்றம் அச் செல்லின் வளர்சிதை மாற்றத்தில் பல ஜீன்களின் வேலைகளைப் பிரதிபலிக்கின்றன. மேலும் அச் செயல்கள் வெவ்வேறு செல்களிலும், வெவ்வேறு நேரத்திலும் மாறுபட்டுக் காணப்படுகின்றன. குரோமோசோம்களின் சில பகுதிகளில் பஃப் (puff) போன்று தோன்றும் (படம் 11) அவ்விடங்கள் குறிப்பிட்ட ஜீன்களின் செயல்களைக் குறிக்கிறது என்று தற்போது கருதுகிருர்கள்.

குரோமோசோம்கள் பக்கங்களில் (laterally)திறக்கப்படுவதால் பஃப்கள் தோன்றுகின்றன. இவ்விடங்களில் ஆர்என்ஏ உற்பத்தியாகிறது. இப் பஃப்களை பால்பியானி வளையங்கள் (Balbiani rings) என்பர். இவைகளும் லேம்ப் பிரஷ் குரோமோசோம்களில் உள்ள லூப்புகளும் ஒன்றே, டிஎன்ஏயின் மாற்று வேலைகளினுல் (transcriptional activities) இவ்விரண்டும் ஆர் என் ஏயை உண்டாக்குகின்றன. அதனுல் டிஎன்ஏ நீளப்படுத்திய (stretched) நிலையில் அதாவது லூப்புகள், பஃப்கள் இடைநிலை போன்ற நிலைகளில்தான் வேலை செய்யுமென்றும், சுருள் (coiled) நிலையில் வேலை செய்யாது என்றும் தோன்றும். இக் கூற்று சரியல்ல. ஏனெனில், சுருக்கம் நீக்கப் பெருத நிலையிலும் இக் குரோமோசோம்கள் செய்ய வேண்டிய வேலைகளைச் செய்கின்றன என்று கிளிவ்லாண்ட் (Cleavland) புரோட்டோசோவாவில் (symbiotic)கண்டறிந்தார்.

யூகுரோமேட்டினும் ஹெட்டிரோ குரோமேட்டினும் (Euchromatin and Heterochromatin)

உமிழ் நீர்ச்சுரப்பி குரோமோசோம்கள் (உ-ம். டு. மெலனோகாஸ்டா) சென்ட்ரோமியர்கள் மூலம் குரோமோசென்டரில்

இணைந்துள்ளன. என்று முன்பே குறிப்பிட்டோம். இச் செல்களில் Y குரோமோசோம் மிகவும் சிறுத்துக் காணப்படுகிறது. ஆனால் மற்ற உடற்குரோமோசோம்களில் Y குரோமோசோம், X குரோமோசோமைவிட பெருத்துக் காணப்படுகிறது. இவ்வேறுபாட்டிற்குக் காரணம் ஹெட்டிரோகுரோமேட்டின் (heterochromatin) என்ற ஜெனிட்டிக் பொருள்கள் சென்ட்ரோமியர்களுக்கு அருகில் இருப்பதேயாகும். இவ்வேறுபாடு பல உயிரிகளில் எல்லாம் அல்லது பாற் (sex) குரோமோசோம்களில் காணப்படுகின்றன.

ஹெட்டிரோ குரோமேட்டின் யூகுரோமேட்டினிலிருந்து (euchromatin) பலவழிகளில் வேறுபடுகின்றன. யூகுரோமேட்டினில் காணக்கூடிய மியூட்டேஷன்கள் உண்டாக்கும் ஜீன்கள் அடங்கியுள்ளன. இதனால் சந்ததிகளுக்கு செலுத்துவதிலும் (transmission) மெண்டலின் விகிதப்படி நடைபெறும். செல்லியல்படி செல் பிரிவின்போது, யூகுரோமேட்டின், ஒழுங்கான செல் சுழற்சியிலிருந்து சுருங்குதலும் விரிதலும் செய்கிறது. ஆனால் இடைநிலையில் (interphase) மறைந்து காணப்படும். ஹெட்டிரோ குரோமேட்டின் பெரும்பாலும் மெண்டலின் விதியைப் பின்பற்றுது, அதற்கு அதிகமாகவோ, குறைவாகவோ இருக்கும். மரபியல் விளக்கத்தில் (genetic expression) ஒருவித பயனும் இருக்காது. உதாரணமாக பாற் குரோமோசோம்களில் அதிக அளவு ஹெட்டிரோகுரோமேட்டின் இருந்தாலும், அவைகள் மரபியலைப் பொருத்தவரை செயலற்றன. (inert) என்று கூறமுடியாது. ஆனால் நிலையான யூகுரோமேட்டின் ஜீன்கள், குரோமேட்டின் மறு மாற்றங்களினால், ஹெட்டிரோகுரோமேட்டின் அருகில்வந்து சேர நேர்ந்தால், பல மாற்றுத் தோற்றங்கள் தென்படும் (variable expression). ஆகவே மரபியற் தோற்றமென்பது, ஹெட்டிரோ-குரோமேட்டினுக்கு எவ்வளவு அருகாமையில் (degree of proximity) இருக்கிறது என்பதைப் பொருத்ததாகும். இவ்விரு வகை குரோமோசோம்களில் டிஎன்ஏ இருந்தாலும் அளவில் தரத்தில் வேறுபாடுகள் இருக்கின்றனவா என்று விளங்கவில்லை. இதுவும் ஆய்விற்குரிய தொன்றாகும். இருப்பினும் ஹெட்டிரோகுரோமேட்டின், ஆர்என்ஏ மூலம்தான் செயற்பட வேண்டும். இந்த ஆர்என்ஏ யின் உரிய செயல் என்னவென்றும் விளங்கவில்லை.

செல்லியற்படி, ஹெட்டிரோகுரோமேட்டின் வெவ்வேறு செல்களில் வெவ்வேறு முறையில் பழகுகிறது. உமிழ்நீர்ச் சுரப்பி குரோமோசோமில், யூகுரோமேட்டின் இணைவது போன்றிணை

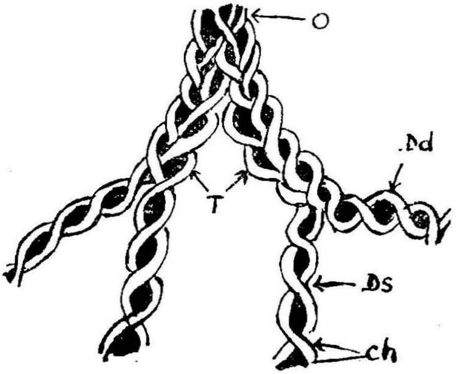
யாமல் வேறு முறையில் இணைகிறது. இடை நிலையில் இது சுருங்கிக் காணப்படுகிறது. ஆனால் யூகுரோமேட்டின் கலைந்து விடுகிறது. பாலூட்டிகள், மனிதன் போன்றவற்றில், இடை நிலையில், பெண் செல் நியூக்ளியஸ்களில் காணப்படும், பால் குரோமேட்டின் உறுப்பு (sex chromatin body) (ரொம்பவும் சுருங்கிய (condensed) நிலையில்) X-குரோமோசோம்களில் ஒன்று என்று கண்டுபிடித்துள்ளனர். ஹெட்டிரோகுரோமேட்டின் பகுதிகள் பலவாறாக சுருண்டிருப்பதினால் அச் சுருக்கம் (codensation) ஏற்பட்டுள்ளது. லூப்புகள், பஃப்கள் மறைந்துள்ள (diffuse) யூகுரோமேட்டின் ஆகிய மூன்றும், வளர்சிதை மாற்றப் படி சுறுசுறுப்பாக உள்ளன என்று அனுமானித்துக் கொண்டால், அச் சுருங்கிய ஹெட்டிரோகுரோமேட்டின் அதனுடைய குறிப் பிட்ட ஜீனின் வேலையை நோக்க செயலற்றுள்ளது (inert) என்று தான் கூற முடியும்.

இவ்விரு வகை குரோமேட்டின்களும், இரட்டித்தல் (replication) அல்லது வார்ப்பு தயாரித்தலில் வேறுபடுகின்றன. சேர்க்கை முறையில் (synthetic process) ஹெட்டிரோகுரோமேட்டின் தாமதப்படுகிறது. எவ்வாறெனில் டிஎன்ஏ சேர்க்கையில் ரேடியோ ஆக்டிவ் லேபிலை (radioactive label) இறுதியில் சேர்த்த போது, அந்த லேபில் ஹெட்டிரோகுரோமேட்டிக் பகுதிகளில் காணப்பட்டது. ஆகவே இதை யூகுரோமேட்டினிலிருந்து பகுத் தறிய பல வழிகள் இருக்கின்றன. இவைகளின் வேலைகள் சிறி தளவே விளங்கியுள்ளன.

பக்க வேறுபாடுகள் (Lateral differentiation)

ஜீன்கள், தோற்ற வழி விளக்கத்தில் அவைகளுக்குள் வேறு பட்டாலும் அவைகள், அந்த குரோமோசோமின் நீள வாட்டத் திலேயே (linear fashion) முழு நீளத்திலும் அமைந்துள்ளன. மறு சேர்க்கை சான்றுகள் மூலம் இவ்வமைப்பு நிர்ணயமாகிறது. பாக்டீரியா ஃபேஜின் குரோமோசோமில் தனித்தனி ஜீன்கள் சேர்ந்து தொடர்ந்த டிஎன்ஏ மாலிக்கூலை உண்டாக்குகிறது. சிறு புரதம் அம் மாலிக்கூலுடன் இணைந்து காணப்படும். ஆனால் பாக்டீரியாவின் குரோமோசோம் அந்த ஃபேஜின் குரோமோ சோமிற்கு ஒத்த வாரிருந்தாலும், நீளத்தில் பன்மடங்கு அதிகப் படுகிறது. அவ்வாறே பெரிய விலங்குகளினுடைய குரோமோ சோம்களின் நீளத்தையும், உள்ளடங்கியுள்ள டிஎன்ஏயின் அளவையும் அனுமானித்துக் கொள்ளவும், அவைகளை மைக் ரான்கள் என்றில்லாமல் சென்டிமீட்டர்களில் குறிக்க நேரிடும்.

பாலிடீன் கொள்கைப்படி, உமிழ்நீர் சுரப்பி குரோமோசோம்களில் டிஎன்ஏ அளவு இரட்டித்தலின் போது, அதிகரித்துக் கொண்டு செல்கிறது. அதாவது மற்றொரு டிஎன்ஏ ஹெலிக்ஸ் (**DNA helix**) உண்டாகிறது என்பது பொருள். இதனால் எந்த அளவிற்கு பாலிடீனி மரபியல் சேவைக்குப் பயன்படுகிறது? செல்லின் மரபியல் குதிரை வேகத்தை (genetic horsepower) அதிகரிக்கச் செய்கிறது. குறிப்பாக பஃப் குரோமோசோம்களில் அந்த லார்வாவின் வளர்ச்சிக்காக 'இக் குதிரை வேகம்' அதிகரிக்கிறது. பலமயமும் (**polyploid**) இதே மாதிரிப் பயன்படுகிறது.



படம் 12.

புரோஃபேஸ் குரோமோசோமின் மூவளவைப் படம் (எலெக்ட்ரான் மைக்ராஸ்கோப் மூலம்).

Ch. **டிஎன்ஏ திருகு சுழலின் கீழ் உள்ள கரையும் பட்டை**

Dd. Ds. — **டெக்ஸ்ட்ரோஸ், சினிஸ்ட்ரோஸ் இரட்டைப்பட்டை**

T — **பின்கு பிரிவுப் பட்டைகள்**

O — **எட்டுப் பிரிவு பட்டைகள்**

மற்ற குரோமோசோம்களுக்கும் இவ்வாறு பல முறுக்கிழைகளைக் கொண்டுள்ளனவா அல்லது டிஎன்ஏ சேர்க்கைக்கு முன், குரோமோசோம்கள் குறைந்த அளவு டிஎன்ஏ ஹெலிக்சும் புரதமும் கொண்டுள்ளனவா என்பதில் சொல்லியல் வல்லுநர்கள் இவ்விரு கருத்துடையவர்களாக இருக்கிறார்கள். பல முறுக்கிழைக் கொள்கை என்பது எலெக்ட்ரான் மைக்ராஸ்கோப் ஆய்வினால் **கண்டதொன்றாகும்.** சுமார் 40 Å விட்டமுள்ள பல நுண்ணிழை

கள் சேர்ந்து குரோமோசோமாகத் திகழ்கிறது என்றும் அவைகள் தான் அடிப்படை நீளயூனிட் என்றும் கருதுகிறார்கள். மூவளவை மாடலை (three dimensional model) அமைத்தால், குரோமோ சோம் ஒவ்வொன்றும் நான்கு திருகு கயிறு போன்று காணப் படும். ஒவ்வொரு திருகிலும் இரு நூலிழைகள் உண்டு (படம்12). அதாவது ஒரு குரோமேட்டிட் என்பது நான்கு பாகம் கொண்ட தாகும் (quadripartite). ஒரு குரோமோசோம் எட்டு பாகத்தைக் கொண்டது (octipartite) இந்நிலை மெட்டாஃபேஸ் நிலையில் டிஎன்ஏ இரட்டித்த பின் காணப்படுவதாகும். ஒவ்வொரு குரோ மேட்டிட்டிலும் இருதனி முறுக்கிழைகள் காணப்படும். இவ்விழை கள் மேலும், பிரிகின்றன. டிஎன்ஏ சேர்க்கைக்கு முன் X-கதிரி களினால் பாதிக்கப்படுகின்றன. டிஎன்ஏ சேர்க்கையின்போது கதிர் பாய்ந்தால் குரோமேட்டிட்கள் தான் பாதிக்கப்படுகின் றனவேயன்றி குரோமோசோம் முழுவதும் பாதிக்கப்படுவ தில்லை. அதனால் புரோஃபேஸ் இறுதி நிலையிலாவது குறைந்தது நான்கு பாகமாக (quadripartite) இருந்தால்தான் இப் பிரட்சி கள் நடைபெறும் என்று சோதனை மூலம் கண்டுள்ளார்கள். ஆட்டோரேடியோகிராஃபிக் நுண்ணியல் (Autoradiographic techniques) முறையினால், இது- மேலும் ஆராயும் நிலையில் இருக்கிறது. இப் பகுதிக்கு விளக்கம் முடிவானதொன்றில்லை, மேலும் மாலிக்கூல் மட்டத்தில் (molecular level) ஆராயப்பட வேண்டிய தொன்றாகும்.

4. ஜீன் : அதன் நுண் அமைப்பும், செயல் முறையும்

(Gene : Its Fine Structure and Action)

ஜீன்

ஜீன் (gene) என்று முதன் முதலாகக் கையாண்டவர் வில்ஹேம் ஜோகான்சன் (Wilhelm Johannsen) ஆவார். (Gk: Genesis=to be born). சுமார் நாற்பது ஆண்டுகளுக்கு முன்பு, மரபியல் வல்லுநர்கள் இதையே 'பரம்பரைக் கூறு' (heredity unit) என்று கூறினர். மெண்டல் (Mendel) இதை ஃபேக்டர்ஸ் (factors or characters) என்று கையாண்டுள்ளார். ஆனால் இதை ஒரு பெரிய செயலாற்றும் தனிக்கூறு (larger functional unit) என்று கூறுவது மிகவும் பொருத்தமாகும். தற்காலம் நன்கு விளக்கப்பட்டுள்ள டிஎன்ஏ யின் (DNA) ஒரு பாலிபெப்டைட் தனிக்கூற்றை ஒரு ஜீன் என்று கூறலாம். இதன் அமைப்பு தெளிவுபடுத்தப்பட்டபின் உயிரின் தோற்றத் திற்கும் (origin of life), படிமலர்ச்சிக்கும் (evolution) நன்கு விளக்கம் கிடைக்கிறது. மேலும், ஜீன் செயல்களைப்பற்றிக் கூறும் ஜெனிட்டிக்ஸ் (Genetics) உயிரியலுக்கு (Biology) முதுகெலும்பு போன்றுள்ளது என்று சுருக்கமாகக் கூறலாம்.

செக்கோஸ்லோவேக்கியா நாட்டின் பிரன்னோ (Brno) என்ற ஊரில் துறவி மடத்தில் வாழ்ந்த கிரிகர் மெண்டல் (Gregor Mendel) என்ற தாவரவியல் நிபுணர்தான் மரபியலுக்கு வித்திட் டவர் என்று ஒவ்வொருவருக்கும் தெரிந்ததே. அவரை 'மரபிய லின் தந்தை' (Father of Genetics) என்று கூறுவர். இவர் தன்னுடைய தோட்டத்தில் பொழுது போக்கிற்காக சேய்ப் பெருக்க சோதனைகள் (breeding experiments) செய்து வந்தார்,

அவர் கண்டறிந்தவைகளை 1866-ம் ஆண்டு இயற்கை வரலாற்றுக் குழுவில்(Natural Histoty Society) வாசித்து வெளியிட்டார். அவ்வாராய்ச்சி 1900 வரை உலகிற்கு தெரியாது இருந்ததை, அதாவது அவர் இறந்து 16 ஆண்டுகள் கழித்து மூன்று விஞ்ஞானிகள் மூலம் தனித்தனியே வெளி உலகிற்கு விளம்பரப்படுத்தப் பட்டது. அடுத்து 35 ஆண்டுகளுக்குப் பிறகுதான் அவருடைய ஆய்வுத்தாள் வெகு ஆர்வத்துடன் வரவேற்கப்பட்டது. சார்லஸ் டார்வினும் தன் கொள்கையைப் பரப்பும் ஆரம்ப நிலையிலேயே இருந்ததால் 19-ம் நூற்றுண்டில் அவரவர் கூறிவது சரி என்று இருந்த காலமாகும். அக்காலத்தில் Proceedings of the Brunn Society for theStudy of Natural Science என்ற ஆராய்ச்சி இதழ் (journal) ஐரோப்பாவிலுள்ள எல்லா ஆய்வுக்கூடங்களிலும் வரவழைக்கப்பட்டிருந்தது. அவ்விதழில் வெளியான மெண்டலின் ஆய்வுக் கட்டுரையை அக்காலத்து தாவரவியல் தலைவரான, வான் நெகலி (Carl K Von Nageli) என்பவர் மற்றவர்களுடைய கவனத்திற்குக் கொண்டுவந்தார். மெண்டல் வெளியிட்ட கண்டுபிடிப்புகள் யாவும் எண்ணிக்கைப்பட்டியலாக இருந்ததால் பலரும் அதன் முக்கியத்துவத்தை உணரவில்லை. மேலும் அப்பட்டியல் தோட்டத்து அவரைச் செடியின் கலப்பு முறைச் சோதனைகளின் இளங்கன்றுகள் (offsprings) பற்றியதாகவே இருந்தன. மெண்டல் வாழ்ந்த காலம், குரோமோசோம்கள் பற்றியும், இனவிருத்தியின் உயிரியல் பற்றியும் தெரியாத காலமாகும். அவருடைய ஆய்வுகளை தனித்தனியே மூவர் கண்டறிந்தனர். ஹாலந்து நாட்டு ஹுகோ டீ வரிஸ் (Hugo de Vries), ஜெர்மனி நாட்டு கார்ல் காரென்ஸ் (Carl Correns), ஆஸ்ட்ரியா நாட்டு எரிக்ட்செர்மாக் (Erich Tschermak) இவர்கள் மூவரும் அவர் கண்ட அந்த ஒரே முடிவிற்கே வந்தார்கள்.

மெண்டலின் முக்கிய கண்டுபிடிப்பு யாதெனில் பரம்பரைத் தனிக் கூறுகள் (hereditary traits or characters) யாவும் ஒன்றிற்கொன்று சுயேச்சையாகவே சந்ததிகளின் வழிவரும் என்பதாகும். அதாவது உயிரி என்பது பல தனிக் குணங்களைக்கொண்ட ஒன்றாகும். இக்குணங்கள் யாவும் இனச்செல்கள் மூலம் பிரிந்தும் திரும்பவும் கூடுகின்றன. இக்குணங்களை புள்ளித் தொகுப்பியல் (statistics) மூலம் அவர் விளக்கினார். இவைகள் பிரிவதை பிரிந்தொதுங்குதல் (seggregation) என்று குறிப்பிடுகிறார்கள். நியூரோஸ்போரா (neurospora) என்ற ரொட்டிக்காளானில் கறுப்பு, வெள்ளை ஸ்போர்கள் பிரிந்து காணப்படுவதை பீடில், (G. W. Beadle) விளக்கியதும் இவ்வாறே. புள்ளித் தொகுப்

பியலை அடிப்படையாகக் கொண்டுள்ள மெண்டலின் கொள்கையை லைசன்க்கோவை (lysenko) பின்பற்றும் ரஷ்ய விஞ்ஞானிகள் கடுமையாக எதிர்த்தார்கள். ஆனால் எந்தச் சோதனையும் அவ்வடிப்படையில் அமைவதே ஆய்வாகும் என்று எல்லோருக்கும் புலனாகும்.

மெண்டலின் விதிகள் திரும்பவும் கண்டுபிடிக்கப்பட்டபின் மரபியல் விஞ்ஞானம் வளர ஆரம்பித்தது. இவ் விதிகள் விலங்குகளுக்கும் பொருந்தும் என்று இருபதாம் நூற்றாண்டு அறிவியல் வல்லுநர்கள் விளக்க ஆரம்பித்தனர். கொலம்பியா பல்கலைக் கழகப் பேராசிரியர் டி. எச். மார்கனும் (T. H. Morgan) அவருடைய உடன் உழைப்பாளர்களும் டுரோசோஃபைலா (drosophila) என்ற பழப்பூச்சியில் ஆராய்ந்தார்கள். ஜீன்கள் என்பன அப் பூச்சி செல்களின் நியூக்ளியஸிலுள்ள குரோமோசோம்களில் இருப்பவைகள் என்றும், அவைகள் மூலம், பொருள்கள் மற்ற சந்ததிகளுக்கு செல்கின்றன என்றும் கண்டார். அக் கூட்டம் சுயேச்சையாக செல்லாமல் ஒரு கூட்டத்துடன் மற்றொன்றும் பொறுக்கி எடுக்கப்பட்டு இணைந்தார் போல உடன் செல்லும் என்றார். மார்கனின் மாணவர்களான, ஸ்டர்ட்டிவான்ட் (A. H. Sturtevant), பிரிட்ஜஸ் (E. B. Bridges), முல்லர் (H. J. Muller) என்ற மூவரும் மேலும் ஆராய்ந்ததில் ஒரே குரோமோசோமில் உள்ள ஜீன்கள் (உருமணி மாலை போன்றமைந்துள்ளனவற்றில்) இணைந்த கூட்டாகவும் (intact group) அல்லாமலும், அடுத்த சந்ததியில் செல்லும் என்று கண்டார்கள். அதாவது ஒரு சோடி குரோமோசோம் ஜீன்களைக் கொண்ட செக்மெண்டுகளை பரிமாறிக் கொண்டு செல்கின்றன என்றார். அவ்வாறு செல்லும்போது ஒன்றின் பகுதி மற்றொன்றினுடன் ஒட்டிக் கொண்டு செல்லும் புதிய குரோமோசோம்களாகச் செல்கின்றன என்றார். இதற்கு குறுக்கெதிர் மாற்றம் (crossing over) என்று பெயர். மேலும் சில ஜீன்களுக்கு இரு வகைக்கு மேலான தோற்றங்கள் (form) உண்டு என்று கூறினார். பால் (sex) முறையில் இனப் பெருக்கம் செய்யும் எல்லா விலங்குகளிடத்திலும் இதைக் காணலாம்.

ஜீன்கள் யாவும் தங்களைத்தானே உற்பத்தி செய்து கொள்ளுகின்றன (reproduction); தானே இரட்டித்துக் கொள்ளுகின்றன (self duplication); ஜீன்கள் உற்பத்தி செய்து கொள்ளுதல் என்பது பிரதி எடுத்தலாகும் (copying process). அவைகள் பெருகும் போது தங்களைப் போலவே உண்டு பண்ணிக் கொள்கின்றன. ஜீன் மியூட்டேஷன் (mutation) ஏற்பட்டால் அந்த

மியூட்டண்ட் போலவே புதியவைகளை (new types) உற்பத்தி செய்து கொள்ளுகின்றன.

முல்லர் (H. J. Muller), ஸ்டேட்லர் (L. J. Stadler) போன்றவர்கள் 1927-ல், தனித்தனியே X-கதிர்கள் மூலம் ஜீன் பழப்பூச்சியில் புதிய மியூட்டண்ட் வகைகளை உற்பத்தி செய்தார்கள். இக் கதிர்கள், செல்களிலுள் எலெக்ட்ரான்களை நீக்கின (ionization), அக் கதிர்களின் அளவைப் (dosage) பொருத்துதான் நிலையான திடீர் மாற்றங்கள் ஏற்படுகின்றன. பெரும்பாலும் கதிர் இயக்கம் தீமை விளைவிப்பதே.

இக் கதிர்கள், எந்த அளவிற்கு ஜீன்களைப் பாதிக்கின்றன? ஜீன் மியூட்டேஷன் செல்லையே நிரந்தர மலடாக்கி (sterile) விடும், அல்லது நிரந்தரமாக சந்ததிகளை மாற்றிவிடும். மியூட்டேஷன் என்சைம்கள் போல் வேலை செய்கிறது. பீடிலும் (George W. Beadle), டாட்டமும் (E. L. Tatum) நுண்ணுயிரிகளில் செய்த சோதனைகள் மூலம் என்சைம்களின் பங்கும் மிகத் தெளிவாயிற்று. நியூரோஸ்ஃபோரா ஈ. காலை (E. Coli) போன்ற நுண்ணுயிரிகளில், மியூட்டேஷன் மூலம், அவைகள் உற்பத்தி செய்யும் முக்கிய விட்டமின், அமினோ அமிலம் போன்றவைகளைத் தடுத்தார்கள். இம் மியூட்டேஷன், அவ் விட்டமின் அல்லது அமினோ அமிலம் உண்டாவதைதடைப்படுத்துகிறது. அது உற்பத்தி செய்யும் தொடர்படிகளின் குறுக்கே தடை ஏற்படுவதால், அதற்குரிய என்சைம் உற்பத்தியில் குறுக்கிடுகிறது. மற்ற தொடர் செயலெதிர் செயல்களில் என்சைம்கள் தடைப்படாததால், சரியாக நிகழ்கின்றன. இந்த என்சைம்களின் அமைப்பிற்கும் அதற்குரிய ஜீனின் அமைப்பிற்கும் தொடர்பு இருக்கிறது என்று அனுமானித்துக் கொண்டால், என்சைம் மாலிக்கூலுக்கு ஜீன்தான் பிரதிநிதியாகும் அல்லது பூர்வாங்கப் படியாகும் (a blue print).

என்சைம் சேர்க்கை பூத-புரத மாலிக்கூல் (giant - protein molecule) என்பது பல அமினோ அமிலங்கள் அதற்குரிய வரிசையில் முனைக்கு முனை இணைவதேயாகும். இச் சேர்க்கை குறிப்பிட்ட ஆணையின் படியே நடைபெறுகிறது. இவ்வாணை ஒவ்வொரு இனத்திற்கும் குறிப்பிட்ட குணத்துடன் இருக்கும். அப்படியே பிற சந்ததிகளிலும் வரும். இதற்குத் தான் வார்ப்பு அல்லது டெம்ப்ளேட் கோட்பாடு (Template or Model Theory) என்று பெயர்.

இக்கோட்பாடு சரி என்றால் ஒரு மியூட்டண்ட் ஜீன், ஒரு மியூட்டண்ட் என்சைமையும் உண்டாக்கவேண்டும். இவ்வாராய்ச்சி மூலம் மேலும் பல என்சைம்களை கண்டுபிடிக்க முடிந்தது. (உ-ம்) நியூரோஸ்ஃபோராவில் டைரோசினேஸ் (tyrosinase) உண்டாதல். இரு வெப்பநிலையில் இருவகை என்சைம்கள் உண்டாக்குகின்றன. ஆனால் அவைகளை ஒரே ஜீன் (single) தான் கட்டுப்படுத்துகிறது. இதைப் போலவே சிக்கிள் செல் அனீமியாவும் (sickle cell anaemia) புரதத்தின் அமைப்பைப் பாதிக்கிறது. லைனஸ் பாலிங் (Linus Pauling of California Institute of Technology) என்பவர், ஹீமோகுளோபின் மாலிக்கூலை சிக்கிள் செல் ஜீன் பாதிக்கிறது என்று கண்டறிந்தார். ஆனால் இந்த சிக்கிள் செல் மியூட்டேஷன் மலேரியாவிற்கு ஓர் எதிர்ப்பு சக்தியாக விளங்குகிறது.

டிஎன்ஏயும் ஆர்என்ஏயும் (DNA and RNA)

ஃப்ரெட்ரிச் மீஷ்சர் (Fredrich Miescher) என்பவர் 1869-ல் செல்லின் நியூக்ளியஸிலிருந்து பிரித்தெடுத்த பொருளை நியூக்ளின் (nuclein) என்று கூறினார். அதுவேதான் தற்போது டிஎன்ஏவாகத் (DNA) திகழ்கிறது. இதுவரை ஒரு ஜீனை, எவரும் விலங்கு அல்லது தாவர செல்களிலிருந்து பிரித்து எடுக்காததினாலேயே, குரோமோசோமில் உள்ள பொருள்கள் விளங்காததாகவே இருக்கிறது. இருப்பினும் ஜீன்களின் வேதியல் அமைப்பு சிறிதளவு விளங்கி இருக்கிறது. பாக்டீரியா, வைரஸ் போன்றவைகளில் நியூக்ளிக் அமிலம் மரபியற் பொருளாக இருப்பதற்கு தக்க சான்றுகள் உள்ளன. அதனால் உயர் மட்ட விலங்குகளிலும் அவ்வாறே இருக்கும் என்பது உண்மையாகும். வெகு காலமாக டி ஆக்சிரைபோ நியூக்ளிக் அமிலம் (Deoxyribonucleic acid DNA) தான் குரோமோசோமில் இருக்கிறது என்பது தெரியும். அப்பொருள்கள் மரபியல் குணங்களை சந்ததிகளுக்கு கொண்டு செல்கின்றன.

சில ஆண்டுகளுக்கு முன், வெப்பத்தால் கொன்ற நூமோகாக்கஸ் (pneumococcus) என்ற உயிரியின் சாற்றில் (extract) ஜீன் போன்ற பொருட்கள் இருப்பதாகக் கண்டனர் (Fred Griffith-English Bacteriologist). இச் சாற்றில் நூமோகாக்கஸ்கள் சந்ததியை (strain) வளர்த்ததில், அது எந்த சாற்றில்வளர்ந்ததோ அந்த வகையின் குணங்களை இச்சந்ததி பெற்றுவிட்டதாகக் கண்டனர். வீரியம் (virulence), மருந்துகளுக்கு எதிர்ப்பு (resistance to drugs), சில குறிப்பிட்ட என்சைம்களைஉண்டு பண்ணுதல், போன்ற

குணங்களை இந்த சந்ததிகள் பெற்றுவிட்டன. அவ்வாறு மாறிய ஏஜெண்ட் (transformed agent) டிஎன்ஏ என்று ராக்ஃபெல்லர் நிறுவனத்து நிபுணர்களான ஆஸ்வால்டு டி. ஆவெரி (Aswald T. Avery), காலின் எம். மெக்லியாடு (Colin M. Macleod), மெக்லின் மெக்கார்ட்டி (Maclyn McCarty), மிர்ஸ்கி (A. E. Mirsky) போன்றவர்கள் 1944–ல் கண்டார்கள். அண்மையில், மாறும் ஏஜெண்ட்களின் புதிய தொடர் டிஎன்ஏக்களை மற்றொரு பாக்டீரியாவான ஹெமோஃபிலஸ் இன்ஃபுளியென்சாவில் (Hemophilus Influenzae) கண்டுள்ளார்கள்.

வைரஸ்களில் மரபின் பொருளான இரு நியூக்ளிக் அமிலங்களைக் குறிப்பிட்டுள்ளனர். ஹெர்ஷேயும் (A. D. Hershey), மார்த்தா சேஸும் (Martha Chase - Cold Spring Harbor Biological Society) பாக்டிரியாவில் ஒட்டி வாழும் வைரஸான ஈ. காலையின் (E. Coli) டிஎன்ஏ மரபியலில் பங்கு கொள்வதாக விளக்கியுள்ளனர். கலிஃபோர்னிய பல்கலைக் கழகத்து ஹென்ஸ் ஃப்ராங்கல் கோன்ராட் (Heinz Fraenkel Conrat) என்பவர் புகையிலையில் பல வண்ண வைரஸிலிருந்து (mosaic virus) ரைபோநியூக்ளிக் அமிலத்தைப் (Ribonucleic acid-RNA) பிரித்து எடுத்தார்.

இதுவரை கிடைத்துள்ள எல்லா சான்றுகளும் மரபியற் பொருளான நியூக்ளிக் அமிலத்தையேச் சேர்ந்துள்ளன. கேம்பிரிட்ஜ் பல்கலைக் கழகத்தைச் சேர்ந்த கிரிக்கும் (F.H.C. Crick) வாட்சனும் (J. D. Watson) டிஎன்ஏக்குரிய அமைப்பை விளக்கியதுடன் ஜீனின் குணங்களையும் விளக்கி அதற்காக 1962-63-ல் நோபல் பரிசும் பெற்றனர். வில்கின்ஸ் (M. H. F Wilkins) என்பவரும் அம் மாலிக்யூல் விளக்கத்திற்குரிய பரிசில் பங்கு பெற்றார். இதற்கு வாட்சன்-கிரிக் மாடல் (Watson-Crick model) என்று பெயர். ஒவ்வொரு நியூக்ளியோடைடும் இரட்டிப்பது மியூட்டேஷன் ஏற்படுவது யாவையும் பற்றி விளக்கியுள்ளனர். அவர்களின் விளக்கத்திற்கு நான்கெழுத்துக் குறியீடு அல்லது கோட் மெஸ்ஸேஜ் (four word code message) என்று பெயர். ஆனால் புரதத்தின் எழுத்துக்கள் 20க்கு மேல் அமினோ அமிலங்களைப் பெற்றுள்ளன. ஆனால் நியூக்ளிக் அமிலக்கோடை அமினோ அமிலக்கோடாக மாற்றும் நுட்பம் (mechanism) இன்று தெளிவு பெற்றுள்ளது. ஆகவே இப்போது ஜீனின் அமைப்பு ஒருவாறு விளங்க ஆரம்பித்துவிட்டது. புகையிலை வைரஸ் சோதனைகள் மூலம், ஆர்என்ஏவும் மரபியல் வேலைகளைச் செய்கின்றன என்றுந் தெரிகிறது. ஆனால் இது நியூக்ளியஸில் அதிகம் இல்லாமல்

சைட்டோபிளாசத்தில் அதிகம் காணப்படுகிறது, சைட்டோ பிளாசம் மூலம் பரம்பரைக் குணம் பரவுகிறதா என்பதற்கு விலங்குகளில் செய்த சோதனைகள் அதிகம் வெற்றியளிக்க வில்லை. தாவரங்களில் (உதாரணம்: குளோரோபில்) சைட்டோபிளாசத் தின் மூலம் பரம்பரைக் குணம் பரவுவது தெரிந்ததே. மேலும் தற்சமயம் ஆர்என்ஏ, புரதச் சேர்க்கையில் பங்கு கொள்வதுபற்றி பல ஆய்வு வெளியீடுகள் வந்துள்ளன.

உயிரின் தோற்றத்திற்கு (origin of life) பல வரலாற்றுச் சான்றுகள் கொடுத்தாலும், என்சைம்களை உண்டாக்க எப்போது ஜீன்கள் தேவைப்பட்டதோ அப்போதே அவைகளும் தோன்றின என்று மரபியல் வல்லுநர்கள் கூறுவார்கள். அதனால் பல வேதிய காம்ப்லெக்ஸ்கள் சூழ்நிலையில், திடீரென்று உயிர் தோன்றி இருக்கும் என்று நமக்குத் தெரிகிறது. 1964-ல் ஆர்தர் கோரன் பர்க் (Dr. Arthur Korenberg) டிஎன்ஏ இரட்டிப்பதைப்பற்றி விளக்கியுள்ளார். டிஎன்ஏ, ஆர்என்ஏ யின் அமைப்பு வேலைகள் பற்றி ஜெனிட்டிக் கோட் (genetic code) என்று நிறுவ மார்ஷல் நிரென்பெர்க்(MarshalNirenberg), ராபர்ட்ஹாலி(RobertHolly), அரி கோவிந்து கொரோனா (Hari Govind Korana) பிரிட்டிஷ் கொலம்பியா பல்கலைக் கழகத்தில் ஆராய்ந்து அதற்காக ஸ்வீடன் நாட்டு நோபல் பரிசும் அவர்கள் 1968-ல் பெற்றனர். இவர் களின் ஆய்வு, ஜீன் அமைப்பை மேலும் விளக்கியதுடன் புதிய தொரு ஜீனை செயற்கையாக உற்பத்தி செய்ய முடியும் என்று தெளிவுபடுத்தினர். தற்போது கொரோனா விஸ்கான்சின் பல்கலைக் கழகத்தில் டிஎன்ஏ → டிஎன்ஏ → ஆர்என்ஏ →புரோட் டீன் என்ற படிமுறையில் என்சைம்களைக் கொண்டு ஜீன் செய்யும் வேலைகளைப் (genetic information) பற்றி சிறப்பான நுண் உயிரி களில் (micro-organisms) ஆய்ந்து வருகிறார்.

ஜீனின் நுண்ணமைப்பு (The Fine Structure of Gene)

சென்ற ஐம்பது ஆண்டுகளாக மரபியல் வல்லுநர்கள், ஜீனின் நுண் அமைப்பு என்ன என்ற கேள்விக்கு விடைகாண முயன்றார்கள் பாக்டீரியா வைரஸின், ஜீனை எப்படிபிரித்துஅதன் உள்ளமைப்பை படம் வரைவது என்று ஆராய்ந்ததில் வெற்றி கண்டனர். கேம் பிரிட்ஜ் பல்கலைக்கழகத்து ஜான் சி. கெண்ட்ரூ(John C. Kendrew) என்பவர் 1960-ல் புரத மையோகுளோபின் மாலிக்கூல் அமைப்பை படம் மூலம் விளக்கினார், ஓர் உயிரி பல்லாயிரக் கணக்கான புரதங்களை குறிப்பிட்டவாறு (specific) தயார் செய் கின்றன. இவைகளின் பூர்வாங்கப்படிகள் (blue prints) ஜீன்

களில் அச்சுக் கோர்ப்புகள் போல் (coded form)சேர்த்து வைக்கப் பட்டுள்ளன. செய்மர் பென்சர் (Seymour Benzer) புர்டூ பல்கலைக் கழகம் (Purdu University) என்ற உயிர் பௌதிக (Bio-physics) பேராசிரியர் இதுபற்றி மேலும் ஆராய்ந்து படம் வரைந்துள்ளார்.

பரம்பரையின் செயல் யூனிட்டுகளை, ஜீன்கள் குரோமோ சோமில் நீளவாட்டில் பிணைத்துள்ளன. 1913-ம் ஆண்டு முதற் கொண்டு இது தெரிய வந்தது. டுரோசோஃபைலாவின் குரோ மோசோம்களை, குறுக்கேற்றத்தின் மூலம் ஆய்ந்து, படம் வரைந் துள்ளனர். பல மியூட்டேஷன்கள் நடைபெறுவதையும், அக் குறுக்கெதிர் மாற்றத்தின் முடிவில், மறு (மாற்று) இணைப்பு (recombination) நிகழ்வதையும் கொண்டு அப்படம் வரையப் பட்டது. தக்க உயிரியைக் கொண்டு, ஜீனின் உள் நடைபெறும் மியூட்டேஷன்களையும் படம் வரைய முடியும் என்று பின் கண்ட னர். ஆய் பொருளாக டுரோசோஃபைலா எடுத்துக் கொண்டால் பல ஆயிரக்கணக்கான உயிரிகளையும், அவைகள் ஒவ்வொரு சந்ததி யையும் சுமார் 20 நாட்கள் ஆராய வேண்டி இருக்கிறது. ஆகை யால் ஒரு நுண் உயிரியை (micro organism) எடுத்துக்கொண்டால் அவ்வளவு சிரமமும், நாட்களும் கடத்த வேண்டியதில்லை. குறுகிய காலத்தில் பலவகை சந்ததிகளைப்பற்றி ஆராய முடியும். அதை விட பாக்டீரியா வைரஸ் (bacteriophage) எடுத்துக் கொண்டால் பல லட்சக் கணக்கான உயிரிகளையும், ஒரு சந்ததியை சில நிமிடங் களில் பிரித்து, ஜீன்களைப் படம் வரைய முடியும்.

கலிஃபோர்னியா பொறியியல் நிறுவனத்தைச்சேர்ந்த,மாக்ஸ் டெல்புருக் (Max Delbruck) என்ற பெரியாரின் ஆய்வுக்குழு இவ் வாராய்ச்சியில் பெரும் பங்கு கொண்டுள்ளது. வைரஸ் குடும்பத் தைச் சேர்ந்து T_4 பேக்டீரியோஃபேஜை இவர்கள் ஆய் பொரு ளாகப் பயன்படுத்தினர். இது பெருங்குடலில் வாழும் ஒரு பேசில்லசிஸ் (bacillus) ஒட்டிக்கொண்டு உயிர் வாழும் இதை 500,000 அளவு பெரிது படுத்தினல்தான் படம் எடுக்க முடியும். இதன் தலையில் ஒரு நீண்ட டிஎன்ஏ மாலிக்கூல் சங்கிலி உண்டு. இது ஹைட்ரஜன் அணுவைவிட சுமார் 100 மிலியன் பங்கு அதிகம் எடை கொண்டது. T_4 வைரஸ் பேசில்லசிஸ் ஒட்டிக் கொண்டவுடன் இதன் டிஎன்ஏ மாலிக்கூலில் பேசில்லசிஸ் செல் லினுள் சென்று அச் செல்லை மாற்றி அமைத்து விடுகிறது (reorganization). அங்கு100அல்லது அதற்குமேற்கொண்டே ஒத்த வைரஸ் பிரதிகளை (copy) உற்பத்தி செய்ய இது தயாராக்குகிறது. ஒவ்வொரு பிரதியிலும் டிஎன்ஏயும், குறைந்தது ஆறு புரத

ஆக்கக் கூறுகளும் (components) இருக்கின்றன. படை எடுத்த வைரஸின் டிஎன்ஏ, புரதத்திலான தனி என்சைம்களை உற்பத்தி செய்கின்றன. இவ் வேலைகள் யாவற்றையும் டிஎன்ஏ மாலிக் கூலிலுள்ள ஜீன்கள் ஆளுகின்றன.

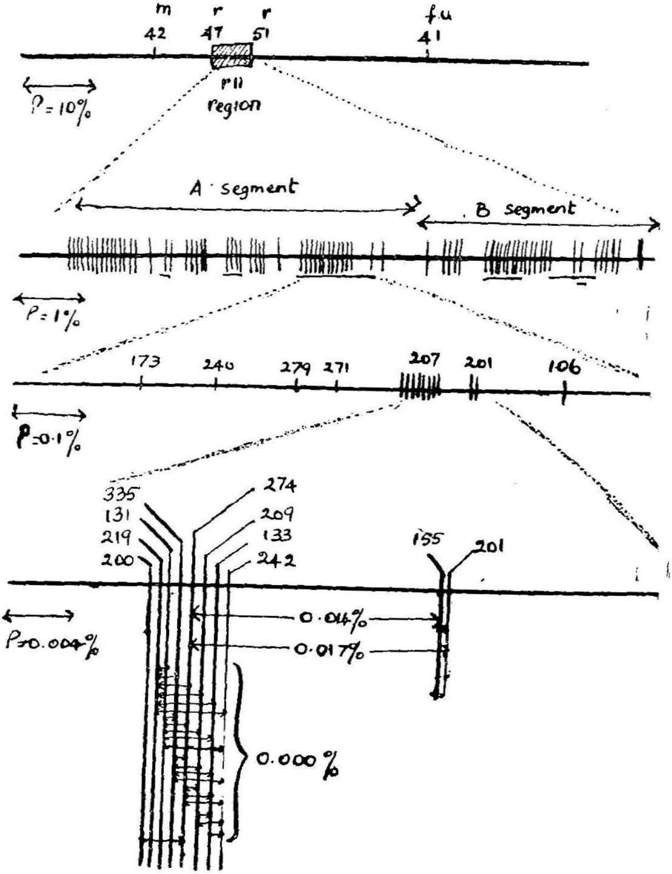
வாட்சனும் கிரிக்கும் (J. D. Watson and F.H.C, Crick) தயாரித்த டிஎன்ஏ மாலிக்கூலின் மாடல் (DNA molecule model) திருகு சுழில் (spiral helix) ஏணி போன்ற அமைப்பைக் கொண் டது. அவ்வேணியின் பக்கங்களில் டிஆக்சிரைபோஸ் சுகர் குரூப்பும் (desoxyribose group), பாஸ்ஃபேட் குரூப்பும் (phosphate group) மாறி மாறி யூனிட்டுகளாக (units) அமைந்துள்ளன. இரு சுகர் யூனிட்டுகளை இணைக்கும் இணைப்பில் நைட்ராஜினஸ் பேஸ்கள் (nitrogenous bases) இருக்கின்றன. இப் பேஸ்களில் அடினின் (adenine) தைமினுடன் (thymine), கானின் (guanine) சைட்டோ சினுடனும் (cytosine) இணைந்து காணப்படும். குறிப்பிட்ட பேஸ் களின் இணைவு அவ்வுயிரியினுடைய டிஎன்ஏயின் ஜெனிட்டிக் கோட் அல்லது மரபுக் குறியீடு (genetic code) ஆகும். T_4 வைரஸில் சுமார் 200,000 பேஸ் சோடிகள் இருக்கின்றன. அதன் குறியீட்டு வார்த்தைகளில் ஒரு வார்த்தை (word) எந்த, சுமார் 20 அமினோ அமிலங்களின் பாலிபெப்டைட்கள் இணைய வேண்டும் என்பதைக் குறிக்கும். ஒரு காம்ப்லெக்ஸ் புரதத்தை அமைக்க பல பாலிபெப்டைட் யூனிட்டுகள் தேவைப்படுகின்றன.

தட்டெழுத்துகள் அடிக்கப்படும்போது பல தட்டுப்பிழைகள் பல நிகழ்கின்றன. அப்பிழைகள் போலவே டிஎன்ஏ மாலிக் கூலிலும் நிகழ்வதுண்டு. எழுத்துகள் வார்த்தைகள், வரிகள் கூட மாறியோ, நீக்கியோ, தலைகீழாகவோ விழுவதுண்டு. தின சரித்தாள்களில்கூட இம்மாதிரி நிகழும்போது படிக்க வேடிக்கை யாக இருக்கும். அவ்வாறே உயிரிகளின் டிஎன்ஏயில், பிழைகள் ஏற்படுவதுண்டு. ஆனால் அது வேடிக்கையாகவோ, உயிருக்கு இடையூறாகவோ அமைவதில்லை. அப்பிழைகள்தான் மியூட்டே ஷன்கள் (mutation) ஆகும். அப்பிழைகளின் சிறு பகுதியே மரபியல் செய்திகளை (genetic information) அளிக்கின்றன. T_4 பாக்டிரியோஃபேஜ் எவ்வாறு இச்செய்தியை தெரிவிக்கிறதுஎன்று காண்பதே ஒரு ஜீனின் அமைப்பாகவும் வேலையாகவும் கருதலாம்.

ஃபேஜைக் கொண்டு மரபியல் வரைப்படம் வரைதல் (Genetic Mapping with Phage)

வைரஸ்களை, தக்க பாக்டீரியா வளர்ப்புகள் மூலம் (bacterial culture) பெருக்க முடியும். ஒன்றிலிருந்து பெருகும் பல சந்ததி

களில் சில, மியூட்டண்ட் வகைகளாக (mutant) இருக்கும். அவைகளை மட்டும் பொறுக்கி எடுத்து தனியாக பாக்டீரியாவில் வளரச் செய்தால் மியூட்டண்ட்களின் டிஎன்ஏ, பாக்டீரியாவின் டிஎன்ஏவுடன் இணைகிறது. சுமார் 20 நிமிடங்களில் 100



படம் 13

T_4ன் r II பகுதியின் ஜெனிட்டிக் படம்.

P = m, tn, r, மியூட்டண்டகளின் மறு இணைவுத்தகவெண் (frequenc

புதுஃபேஜ்கள், அப்பாக்டீரியாவிலிருந்து வெடித்து வெளிவருகின்றன. இப்புது சந்ததிகளில் சில பெற்றோர்களைப் போலவும், பல புதிய முறையில் இணைந்தும் காணப்படும். இப்பரிசோதனைகளிலிருந்து ஃபேஜ் படங்கள் தயாரித்தனர். T_4 ஃபேஜில் கிடைத்த மியூட்டண்ட் வகை rII மியூட்டண்ட் ஆகும். இதைச் சுலபமாக மற்றவற்றிலிருந்து கண்டு கொள்ளமுடியும். இதை வளர்க்கும் கண்ணுடி வட்டுகளினுள் (plague) பாக்டீரியாவிலிருந்து வெடித்தபின், அவ்விடத்தில் தெளிந்த பகுதி காணப்படும். T_4 ஃபேஜ் B, விருந்தோம்பி பாக்டீரியா சந்ததியில் (strain) தான் வளரும். ஆனுல் ஃபேஜ் K விருந்தோம்பியில் பெருகாது (படம் 13).

r II பகுதியை வரைபடம் வரைய பல மியூட்டண்ட் சந்ததிகள் தேவைப்படுகின்றன. வெகு கவனத்துடன் அம்மியூட்டண்ட்களைப் பின் தொடர்ந்து பிரித்தெடுத்து, அதன் சந்ததிகளிலிருந்து வரைய வேண்டும். பல மியூட்டண்ட்களின் பகுதிகள் நீங்குதலும் (deletion) இவ் வரைப்படம் வரைதலுக்குப் பயன் படுகின்றன. செய்மர் பென்சர் (Seymour Benzer 1957) முதன் முதலாக வரைந்த வரைப்படம் பல பகுதிகளைக் கொண்டதாகும். பல மியூட்டண்ட் சோதனைகளைக் கொண்டு வரையும் போது குறிப்பாக rII பகுதியை மட்டும் எடுத்துக் கொண்டால், அதை இரு செக்மெண்ட்களாகப் பிரிக்கலாம். அதாவது வேலை செய்யும் யூனிட்டை (unit of function) சிஸ்ட்ரான் (cistron) என்று கூறுவார்கள். இப் பகுதி சிஸ்-ட்ரான்ஸ் சோதனைக்குப் (cis-trans test) பின் குறிப்பிடப்படுகிறது. அப் பகுதிகளை (A,B) என்று குறிப்பிட்டால் இப் பகுதி சிஸ்ட்ரான் பகுதிகளானுலும், ஒன்றிலுள்ள பல சைட்டுகளில் (இடம்) (site) மியூட்டேஷன்கள் நடைபெறும். சில பகுதியில் மறு சேர்க்கையும் (recombination) நடைபெறும் அவ்வாறே இவர் இரண்டாவது சிறிய மறு சேர்க்கையிடத்தைக் கண்டார். அதற்கு ரேகான் (recon) என்று பெயரிட்டார். இதுதான் குரோமோசோமில் பிரிக்கக்கூடிய மிகவும் சிறிய பகுதியாகும். இங்கு குறிப்பிடும் சைட்டில் (site) சுமார் 40பேஸ் சோடிகள் அடங்கும். இவர் வரைந்த படத்தில் இன்னும் பல சைட்கள் குறிக்கப்படவில்லை.

தற்போது ஜீன்களை மேலும் பிரித்துக் கண்டபோது பல துணை ஜீன்கள் (sub-genes) இருப்பதாகத் தெரிகிறது. அத்துணை ஜீன்களுக்கு பென்சர் விளக்கம் கொடுக்கும்போது கீழ்கண்ட பெயர்களிட்டார்:

1, மியூட்டான் (Muton) **அல்லது மாற்று யூனிட்:** யூனிட் மியூட்டான் என்பது ஒரு சிறிய ஆக்கக்கூறு (element) ஆகும். அச்சிறு பகுதி மற்றொரு புதிய (form) ஒன்றை மியூட்டேஷன் மூலம் உண்டுபண்ண வேண்டியதாக இருக்கவேண்டும்.

2. ரேகான் (Recon) **அல்லது மறுசேர்க்கை யூனிட் :** யூனிட் மறு சேர்க்கை என்பதும் ஒரு சிறிய பிரிக்கக்கூடிய பகுதியாகும். மறுசேர்க்கை (recombination) அல்லது மாறி இணைவது மூலம் புதிய ஒன்றை உண்டுபண்ணவேண்டும் (unit recombination).

3. **சிஸ்ட்ரான்** (Cistron or Complon) **அல்லதுசெயல் யூனிட்:** சிஸ்ட்ரான் என்பது ஓர் பகுதியாகும். இப்பகுதியில் எல்லா மியூட்டண்ட்களும் சிஸ்-ட்ரான்ஸ்களும் இட விளைவுகளைத்தோற்று விக்க வேண்டும் (cis-trans position effects) அதாவது அவைகள் ஒன்றை ஒன்று நிறைவுபடுத்துவது (complementary) அல்ல. ஏனெனில் மியூட்டண்ட்கள் வெவ்வேறு இடங்களில் (loci)அமைந் துள்ளன. இதுவே செயலியின் யூனிட் ஆகும் (unit of function).

4. **ஆப்ரான் அல்லது இயக்கு யூனிட்** (Operon): பல ஆப்ரேட் டர் ஜீன்களைக் கொண்டது (செயலாற்றும் ஜீன்).

5. **ரெப்ளிகான்**, (Replicon): ரெப்ளிகேஷனின் (இரட்டித்தல் பெரிய யூனிட் ஆகும். இவைகளில் பல சேர்ந்ததே குரோமோ சோம் ஆகும்.

கடைசி இரண்டை நீக்கி மற்ற மூன்றில் மிகப் பெரியது சிஸ்ட்ரான் ஆகும். இரண்டாவது ரேகான், மியூட்டான் மிகச் சிறியது.

6. **கோடான்** (Codon) **அல்லது குறியீடு யூனிட் :** பேஸ் சோடிகளின் வார்ப்பு அல்லது டெம்ப்ளேட்டைக் (template) குறிக்கிறது. அதாவது ஓர் அமினோ அமிலத்தின் குறியீட்டு வார்த்தையைக் குறிக்கிறது. பகர்ப்பு முவற (transcription) என்பது கோட்-மெஸ்ஸேஜை ஆர்என்ஏ டெம்ப்ளேட் பாலி பெப் டைட்டாக மொழிப் பெயர்கிறது (translated). இதையே ஜேகப் மோனுட் (Jacob-Monod-1961) அமைப்பு ஜீன் (structural gene) என்றும் ஒழுங்கு ஜீன்(regulator gene) என்றும் கூறியுள்ளார்கள்.

ஜீன்கள் எவ்வாறு வேலை செய்கின்றன ?
(How do Genes Act?)

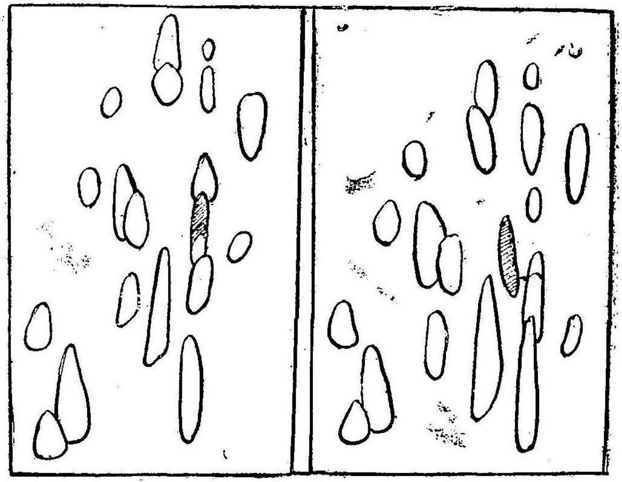
ஜீன்கள் எவ்வாறு வேலை செய்கின்றன என்பதை பல வகை யாக விவரிக்கலாம். அதற்கு ஓர் எடுத்துக்காட்டாக கேம்பிரிட்ஜ்

பல்கலைக் கழகத்து கேவண்டிஷ் ஆய்வுக்கூடத்தில் (Cavandish Laboratory of Cambridge University)வெர்மான் எம்.இன்கிராம் (Vermon M. Ingram) ஆற்றிய ஆராய்ச்சியின் (Molecular Biology) முடிவைக் கூறுவது சாலச் சிறந்ததாகும்.

உயிரியல் வல்லுநர்கள் (Biologists), உயிர்வேதியல் வல்லுநர்கள் (Bioehemists), உயிர் பௌதீக வல்லுநர்கள் (Biophysicists), மருத்துவ நிபுணர்கள் (Medical Doctors) ஆகிய யாவரும் இந்த நூற்றூண்டின் பிற்பகுதியில் ஒன்று சேர்ந்துள்ளனர். அதனுல் தான் பல கோணங்களிலும் டிஎன்ஏ அமைப்பை விளக்கவும், நன்முறையில் மக்கள் நலனுக்குப் பயன்படுத்தவும் ஆராய்ச்சி மேற்கொள்ளவும் முடிகிறது. அதனுடைய முக்கிய பன்கயள் மருத்துவத்தில் பலனளிக்கின்றன. அரிவாள் செல் சோகை அல்லது சிக்கிள் செல் அனீமியாவைப்பற்றி (sickle cell anaemia) நோபல் பரிசு பெற்ற நிபுணர் விளக்கியுள்ளார். சாதாரண இரத்த ஹீமோகுளோபின் மாலிக்கூலும், சிக்கிள் செல் அனீமியா இரத்த ஹீமோகுளோபின் மாலிக்கூலும் மின்னூட்டத்தில் (electric charge) வேறுபட்டுள்ளன. மின்முனைக் கவர்ச்சி பகுப்புமுறை எலெக்ட்ரோஃபோரசிஸ் (electrophoresis) மூலம் இதைக் கண்டறிந்தார். இதனுள் உள்ள எப்பகுதி மாறுபட்டுள்ளது என்று கண்டறிய வேண்டும், ஒவ்வொரு மாலிக்கூலிலும் சுமார் 8000 அணுக்கள் (atoms) உள்ளன. ஆனுல் இங்கு அணுக்கள் நிலையில் ஆராயாமல் அமினே அமிலக் கூட்டங்களாக ஆராய்வதாகும். ஓர் அரைமாலுக்கூலில் சுமார் 300 அமினே அமிலம் யூனிட்டுகள் உள்ளள. இவைகள் யாவும் 19 வகையினுள் அடங்கும். சிக்கிள் செல் அனீமியா ஹீமோகுளோபின் மாலிக்கூலில் உள்ள 300 யூனிட்டுகளும் சாதாரண மாலிக்கூலிலிருந்து எவ்வாறு வேறுபடுகின்றன? சுமார் 51 அமினே அமிலம் கொண்ட இன்சுலினின் அமைப்பைக் காண கேம்பிரிட்ஜ் விஞ்ஞானிகளுக்கு சுமார் 10 ஆண்டுகள் ஆயிற்று. 300 யூனிட்டுகள் கொண்ட இதற்கு எவ்வளவு ஆண்டுகள் தேவைப்படும்?

இன்கிராம் 'விரல் ரேகை (அடையாள) முறையை' (finger print method) இதற்குக் கையாண்டார். ஹீமோகுளோபின் மாலிக்கூலை உண்டாக்க அவர் டிரிப்சின் (trypsin) சீரண என்சைமைப் பயன்படுத்தினுர். டிரிப்சின், லைசின் அல்லது ஆர்ஜினினுள்ள (lysine or arginine) அமினே அமிலத்தைப் பிரிக்கும். அரை மாலிக்கூலின் 26 யூனிட்டுகளில், இரு அமினே அமிலங்கள் உள்ள இடத்தில் இதனுல் உடைக்க முடியும். பின் அதற்குரிய பெப்டைட்களை சென்ட்ரிஃபியுஜ் மூலம் பிரித்து மின் முனைக்

கவர்ச்சி பகுப்பு அல்லது எலெக்ட்ரோஃபோரசிஸ் (electrophoresis) (படம் 14), வண்ணப்படிவு பகர்ப்பு அல்லது பரப்புக் கவர்ச்சி பகுப்பு அல்லது குரோமெட்டாகிரஃபி (chromatography) மூலம் 28 பெப்டைட்களைக் கண்டறிந்தார். அதற்குரிய தாள்களில் மின்சாரம் பாய ஹீமோகுளோபின் திரவத்திலிருந்து



படம் 14.

எலெக்ட்ரோஃபோரஸிஸ், குரோமெட்டாகிராஃபிகள் மூலம் தயாரிக்கப்பட்ட 'விரல் அச்சுகள். மேல் இடதில் சாதாரண ஹீமோஃகுளோபின். மேல்வலதில் ஹீமோகுளோபின் S. குறுக்குக் கோடிட்டதில் இவைகள் இரண்டும் வேறுபட்டிருப்பதைக் காண்பிக்கிறது.

அமினோ அமிலங்கள் அத்தாளில் பல பகுதிகளில் படிந்துவிட்டன. முடிவில் 28 புள்ளிகள் தென்பட்டன. ஒவ்வொன்றும், ஹீமோகுளோபின் மாலிக்கூல் உடைந்த இடத்தைக் குறிக்கின்றது. இப்படத்திற்குதான் 'விரல் அடையாளம்' என்று பெயர். இம்முறையினால் சிக்கிள் செல் ஹீமோகுளோபினையும் தனித்தனித்தாளில் புதிய வைத்தனர். பல்வேறு பெப்டைட்களையும் ஆய்வுக்குரிய பெப்டைட்களையும் கண்டுபிடித்தனர். நெ. 4. மையம் (புள்ளி) தான் சிக்கிள் செல் ஹீமோகுளோபினைக் குறித்தது. இரு ஹீமோகுளோபினிலும், ஒத்த அமினோ அமிலங்களே இந் நான்கு புள்ளிகளிலும் இருந்தன, அவை

களாவன குளுட்டமிக் அமிலம் (glutamic acid), வேலின் (valine), ஹிஸ்டிடின் (histidine), லூசின் (leucine) திரியோனின் (threonine), புரோலின் (proline), லைசின் (lysine). ஆனால் அளவில் வேறுபாடு இருந்தன. சாதாரணவற்றில் இரு குளுட்டமிக் அமில யூனிட்டும், ஒரு வேலினும், அசாதாரணமானவற்றில் ஒரு குளுட்டமிக் யூனிட்டும், இரு வேலினும் இருந்தன. அதாவது சிக்கிள் செல்பெப்டைட்டில்வேலின் யூனிட் ஒரு குளுட்டமிக் அமிலத்தை இடம் பெயர்த்து விட்டது (replace) (படம் 15).

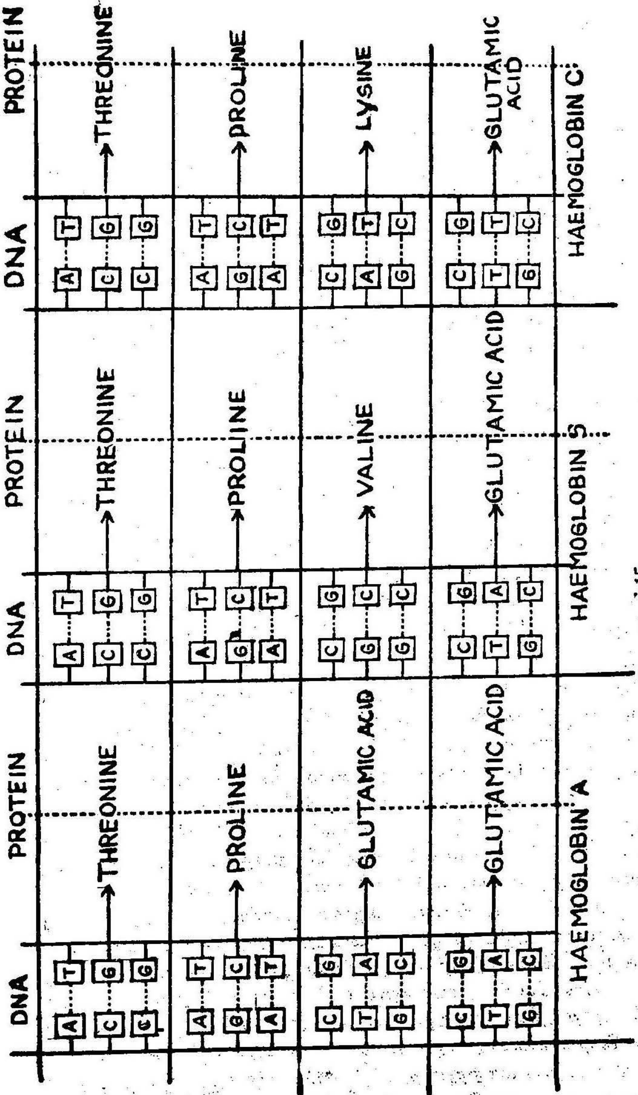
அடுத்து இவைகளின் அமைப்பை ஆராய்ந்ததில் ஒவ்வொரு பெப்டைட்டும் 9 யூனிட்டுகளைக் கொண்ட சிறிய சங்கிலியாகும் என்று தெரிந்தது. ஹைட்ரோகுளோரிக் அமிலத்தைக் கொண்டு இதை உடைத்ததில், அவைகளை 2 முதல் 5 அமினோ அமிலங்கள் கொண்ட துண்டுகளாகப்பிரிந்தன (fragments)(படம்15a). இவைகளைக் கொண்டு சிக்கிள் செல் பெப்டைடில் ஒரு வேலின் யூனிட், குளுட்டமிக் அமிலம் இருக்க வேண்டிய இடத்தில் (அதாவது 7வது இடத்தில்) இருப்பதாகக் கண்டறிந்தார். குளுட்டமிக் யூனிட்டிற்கு மின்னூட்டம் அல்லது எலெக்ட்ரிக் சார்ஜ் உண்டு. ஆனால் வேலின் யூனிட்டிற்குக் கிடையாது. இதிலிருந்து சிக்கிள் செல் ஜீன் புரதச் சேர்க்கையில் எவ்வாறு வேலை செய்கிறது என்று தெரிய வருகிறது. அதாவது அந்த ஜீன் ஓர் அமினோ அமிலத்தை மட்டும் மாற்றிவிட்டு மற்ற மாலிக்கூல்களை மாற்றாது விட்டு விடுவதேயாகும்.

இம் முறையைக் கொண்டு இன்னும் பல வகை ஹீமோகுளோபின்களையும் கண்டுபிடித்துள்ளனர்.

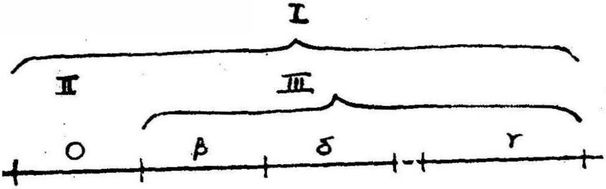
ஜீன்கள் எவ்வாறு ஆளப்படுகின்றன

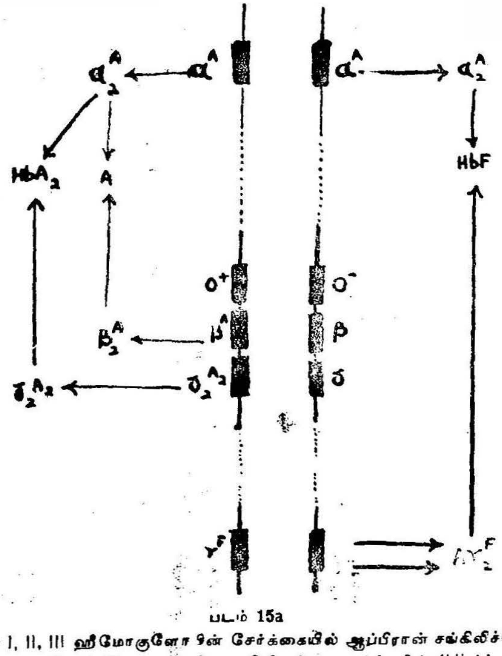
(How Genes are Controlled?)

ஜீன்களின் முக்கிய வேலை என்னவென்றால் அமினோ அமிலங்களின் துணை யூனிட்டுகளை புரதச் சேர்க்கைக்கு (தேவையான செய்திகளை) எடுத்துச் செல்வதேயாகும். முன் குறிப்பிட்டதுபோல், இச் செய்தி டிஎன்ஏ மாலிக்கூலின் குறியீட்டிற்குரிய (code) வரிசை முறையில் கொண்டு செல்வதாகும். அவைகளின் நான்கு நியூக்ளியோடைட் யூனிட்டுகளாவன: அடினின் (A), தைமின் (T), சைட்டோசின் (C), கானின் (G) என்பனவாகும். இவைகளில் A, Tயுடனும், C, Gயுடனும் சேரும். ஒரு டிஎன்ஏ மாலிக்கூலில் இரு திருகு சுழற்பட்டைகள் (double helical strand) இருக்



படம் 15.
ஹீமோகுளோபின் A, ஹீமோகுளோபின் S ஆகிய இரண்டின் தொடர்பை விளக்கும் படம்





படம் 15a

மேல்: I, II, III ஹீமோகுளோபின் சேர்க்கையில் ஆப்பிரான் சங்கிலிச்செயல் - H b f கருவில் (fetal life) காமா தொடரிலிருந்து வளர்ந்தபின் (HbA) முதிர்ந்ததில் (adult) பீட்டாத் தொடரைத் தயாரிக்கிறது. ''சுவிட்ச்'' ஜீன் குரோமோசோமில் இருக்கிறது டெல்டாலோகஸ் பீட்டாலோகசுடன் மிக நெருக்கமாக இணைந்துள்ளது. ஆப்பரேட்டர் ஜீன், பீட்டா, டெல்ட்டா லோகஸ் என்ற இரு அமைப்பு ஜீன்களைக் கட்டுப்படுத்துகிறது.

கீழ் : கருஹீமோகுளோபினின் பரம்பரையை மரபியல் அடிப்படையில் விளக்குதல்

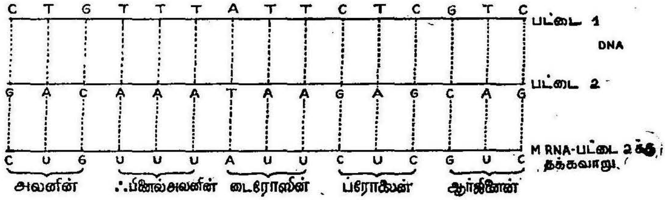
$HbA = \delta_2^A \beta_2^A$ $HbS = \delta_2^A \beta_2^S$

$HbF = \delta_2^A \gamma_2^F$ $Hb\,A = \delta_2^A S_2^{A2}$

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
சாதாரண ஹீமோகுளோபின் (Normal Haemoglobin) —A	ஹிஸ்டிடின் Histidine	வேலின் Valine	லூசின் Leucine	திரியோனின் Threonine	லூசின் Leucine	புரோலின் Proline	T-A குளுட்டமிக் அமிலம் Glutamic acid	குளுட்டமிக் அமிலம்	லைசின் Lysine.
சிக்கிள் செல் ஹீமோகுளோபின் (Sickle cell Haemoglobin-S)	ஹிஸ்டிடின்	வேலின்	லூசின்	லூசின்	திரியோனின்	புரோலின்	G—C வேலின்	குளுட்டமிக் அமிலம்	லைசின்
மற்றொரு அசாதாரண ஹீமோகுளோபின் (Another abnormal Haemoglobin-C)	ஹிஸ்டிடின்	வேலின்	லூசின்	லூசின்	திரியோனின்	புரோலின்	A—T லைசின்	குளுட்டமிக் அமிலம்	லைசின்

குறிப்பு : குளுட்டமிக் அமிலம் உள்ள இடத்தில் வேலினும் லைசினும் இருப்பதைக் கவனிக்க. உரிய வேதியமைப்பு வாய்பாட்டை (chemical formula) ஒவ்வொன்றிற்கும் பொருத்திக்காண்க.

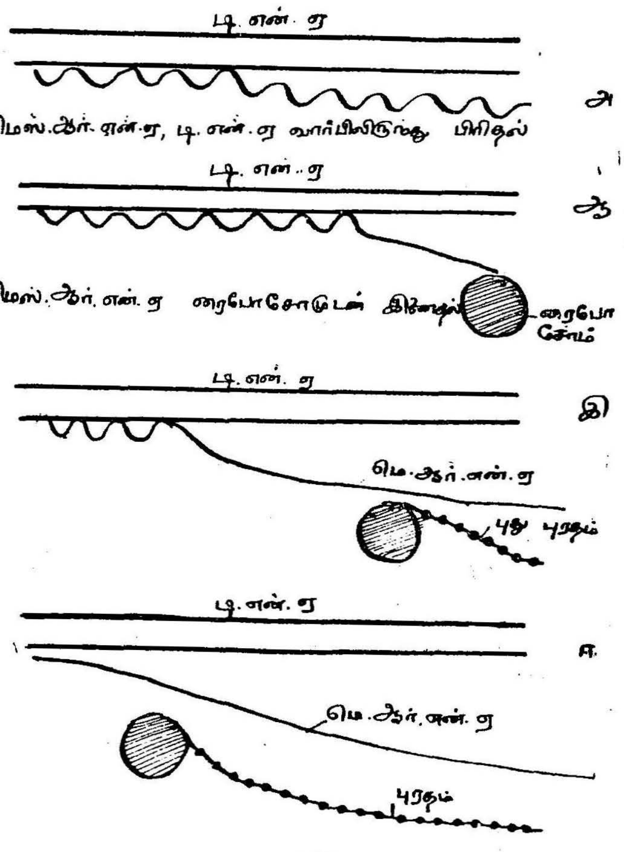
கின்றன. இவைகள் பூட்டு, சாவி போன்று பொருந்துவன, ஜெனிட்டிக்கோட் [வேலை செய்வதற்கு இடையே உள்ள தளப் பொருள்கள், ரைபோநியூக்ளிக் அமிலமாகும். ஆர்என்ஏ யில் யூராசில் என்ற நியூக்ளியோடைட் இருக்கிறது. இது அடினினுடன் சேரும். ஆர்என்ஏ இழைகள் டிஎன்ஏ யிலிருந்து உண்டாகின்றன. டிஎன்ஏ கோட், ஆர்என்ஏ கோடாகவும் மாறும். அவ்வாறு மாறும் போது அதற்கு டிரான்ஸ்ஃபர் ஆர்என்ஏ (transfer RNA) என்று பெயர். ஏனெனில் ஓர் அமினோ அமிலம் (உ-ம்) அலனின் (alanine) தனி நிலையிலிருந்து (free state) புரதத்துடன் சேரும் நிலையாக (state of combination) மாறுவதே.



படம் 16.

ஜெனிட்டிக்கோட்: டிஎன்ஏக்கு ஒத்த எம். ஆர்என்ஏ. டிஎன்ஏ நியூக்ளியோடை சிட்டோசினுக்கு, (C) கானின் (G) இணையானது, தைமீனுக்கு (T) அடினைன் (A) இணை. ஆர்என்ஏயின் தைமீனுக்கு பதில் யூராசில் (U)இணைகிறது. முப்பட்டைக் கோடுடன் காணும் நியூக்ளியோடைட் ஓர் அமினோ அமிலமாகும்.

இம் மாற்றம் நிகழும் போது ஆர்என்ஏயின் ஒரு பட்டை அதாவது மெசஞ்சர் ஆர்என்ஏ (messenger RNA) டிஎன்ஏ யிலிருந்து உண்டாகிறது. அப் பட்டை பிறகு டிஎன்ஏயிலிருந்து பிரிந்து அல்லது ரைபோசோம் என்ற துணை-செல் பார்ட்டிக்கிளிலிருந்து இழுக்கப் படுகிறது. மெசஞ்சர் ஆர்என்ஏ இழையுடன் ரைபோசோம் நகரும் போது அமினோ அமிலங்களினால் புரதச் சேர்க்கை ஏற்படுகிறது. இச் செயல் டிரான்ஸ்ஃபர் ஆர்என்ஏ மூலம், கோட் எழுத்துக்களின் வாய்பாட்டு முறைப்படி, சங்கிலித் தொடராக நிகழ்கிறது. அலனினுக்கு (alanine) CUG என்றும் பினைல் அலனினுக்கு (phenyl alanine) UUU என்றும், டைரோசினுக்கு (tyrosine) AUU என்றும் புரோலினுக்கு (proline) CUG என்றும் குறியீடு அல்லது கோட் வாய்பாடு (code word) நிர்ணயிக்கப்பட்டுள்ளது (படம் 16).



படம் 17

புரதச் சேர்க்கை : மெ. ஆர்என்ஏ உதவியுடன் ரைபோசோம் செயல் படுதல். டிஎன்ஏ வளரும் புரதச் சங்கிலியுடன் அமினோ அமிலத் துடன் இணைந்து செயல்படுகின்றது.

அ. டிஎன்ஏ வார்ப்பினுல் மெ. ஆர்என்ஏ உண்டாகின்றது. ரைபோசோம் மெ. ஆர்என்ஏயின் ஒரு மூலையில் ஒட்டிக் கொண்டு, அதை டிஎன்ஏ யிடம் இருந்து இழுக்கின்றது.

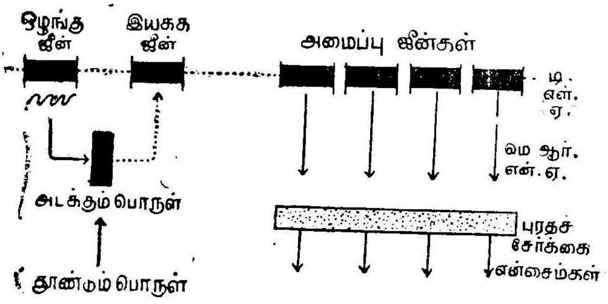
ஆ. கோடிற்குத் தக்கவாறு மெ. ஆர்என்ஏயுடன் நகர்கிறது.

இ. இவ்வாறு புரதச் சங்கிலி.

ஈ உண்டாகின்றது. கோட் வரிசையில் இது அமைகின்றது.

இச் சேர்க்கை நிகழ சில என்சைம்களும் உதவுகின்றன. தேவைப்படும்போது இவ்வென்சைம்கள் உற்பத்தி செய்யவும், தேவையற்ற போது நிறுத்திக் கொள்ளவும் எவ்வாறு முடிகிறது என்று ஈ. காலை என்ற பாக்டீரியாவில் ஆராய்ந்துள்ளார்கள், வேண்டாத போது நிறுத்திக் கொள்ளவும் **(turned off or inactive)**, தேவையான போது போட்டுக் கொள்ளவும் **(turn on or activate)** அதற்குரிய ஜீன்தான் செயல்படுகிறது. அப்போது அதற்குரிய ஜீன் தூண்டப்படுகிறது. அப்போது அந்த ஜீன் தேவைப்படும் என்சைமுக்குரிய, மெசஞ்சர் ஆர்என்ஏயை, உண்டாக்குகிறது.

பாரீஸ் நகரத்து பாஸ்டியர் நிறுவனத்தில் **(Pasteur Institute, Paris)** ஆராய்ந்த மோனாடும் ஜேகபும் **(J. Monod and F. Jacob)** *1963*-ல் ஒரு புதுக் கோட்பாட்டைக் கூறினார்கள். நுண் உயிரி



படம் 18.

புரதச் சேர்க்கையின் ஆளும் முறைஜேகப்-மோனாடு(1963 (கோட்பாடு).

அமைப்பு ஜீன்கள், என்சைம்கள், சேர்க்கைக்குரிய குறியீடுகளை எடுத்துச் செல்லுதல்.

இயக்கு ஜீன்கள்: அமைப்பு, ஒழுங்கு, இயக்கு ஜீன்களை அடக்கி ஆளுதல். அடக்கும் பொருள், ஒழுங்கு ஜீன்கள் மூலம் தொடர்ந்து உற்பத்தியாகிக் கொண்டிருக்கின்றது. இயக்கு ஜீனை அடையும் வரை நிறுத்திவைத்திருப்பது (turned off), தூண்டுதல் இயக்கு ஜீனை அடையாமல் பார்த்துக் கொள்ளல். அவ்வியக்கு ஜீனைச் சேர்த்தால், அடக்குதல் நிகழாமல் மாற்றி அமைப்பது தடைப்பாட்டிலிருந்து இயக்கு ஜீன் அமைப்பு ஜீன்களைத் துவக்குகிறது. இத்துவக்கத்தினால் சேர்க்கைக்குத் தேவையான என்சைம்களை (உ-ம்) :பாலிமரேஸ்) உண்டாக்க மெசஞ்சர் ஆர்என்ஏயை உற்பத்திசெய்கின்றன.

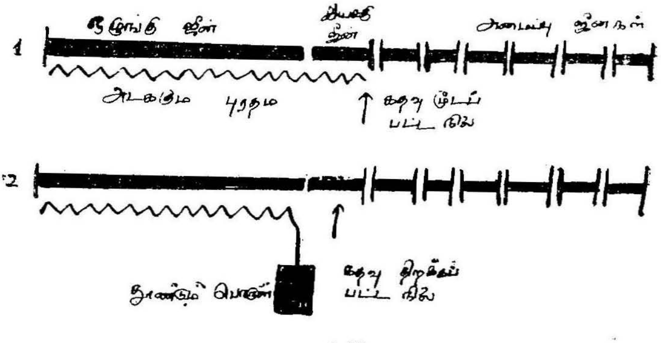
களில் (E. Coli) அவர்கள் மூன்று வகை ஜீன்களைக் கண்டனர். அவைகளுக்கு முறையே அமைப்பு ஜீன் (strcutural gene), ஆப்ப ரேட்டர் அல்லது செயல் அல்லது இயக்கு ஜீன் (operator gene), ரெகுலேட்டர் அல்லது ஒழுங்கு ஜீன் (regulator gene) என்று பெயரிட்டனர். மெசஞ்சர் ஆர்என்ஏக்கள் யாவும் அமைப்பு ஜீன் களால் கட்டுப்படுத்தப்படுகின்றன. இயக்கு ஜீன்கள் இந்த ஜீன் களை இயக்கவோ, நிறுத்தவோ செய்கின்றன (turned on or off). ஒழுங்கு ஜீன்கள் தொடர்ந்து தயாரிக்கும் அடக்கும் பொருள் அல்லது ரெப்ரசர் (repressor substance) தான் ஆப்ப ரேட்டர் ஜீனைக் கட்டுப்படுத்துகிறது என்ற ஒரு புதுக் கருத்தும் தெரிவித்தனர். இப் பொருள் ஆப்பரேட்டர் ஜீனை அடையும் வரை நிறுத்தி வைத்திருக்கும். என்சைம்கள் வேலை செய்யும் பொருளான தூண்டும் பொருள்கள் (inducer substance) இருக் கும்போது அவைகள் ரெப்ரசர் பொருளுடன் சேர்ந்து, அவை கள் ஆப்பரேட்டர் ஜீனுடன் சேராமால் தடுக்கும். அவ்வாறின்றி சேரும்படி நேர்ந்து விட்டால் தூண்டும் பொருள் அடக்கு முறை ஏற்படவிடாமல் மாறிவிடும் (modify). தடைப்பாட்டிலிருந்து (inhibition) வெளியான ஆப்பரேட்டர் ஜீன் அமைப்பு ஜீனைத் தூண்டிவிடுகிறது. பிறகு குறிப்பிட்ட என்சைமிற்கான மெசஞ்சர் ஆர்என்ஏயை உற்பத்தி செய்கிறது.

சில சமயங்களில் உற்பத்தியாகும் ஒரு புதிய பொருள் ஜீனின் தொடர்ச் செயல்களைக் கட்டுப்படுத்துவதுண்டு. ஆர்னித்தின் (ornithine) ஆர்ஜினினாக (arginine) மாறுவது என்சைம்களின் சேர்க்கையைப் பொருத்தது. இது அங்கு உற்பத்தியாகும் அப் புதிய பொருளைப் பொருத்தது. இச் செயல்களின் விளைவாக இறுதியாக கிடைத்த பொருள்கள் (end product) கூட மேற் கொண்டு ஆப்பரேட்டர் ஜீன் செயற்படாதிருக்கத் தடையாக இருக்கும். இதுவும் ஜீன் செயல்களைக் கட்டுப்படுத்தும் மற்றொரு முறையாகும். இதுவே மற்றொரு சூழ்நிலையில், தூண்டியாகவோ (activator) கட்டுப்படுத்தியாகவோ (inhibitor) இருப்பதுண்டு.

புரதம் பல வேறு சூழ்நிலைகளில் பலவாறாகப் பழகுகின்றன என்று கண்டுள்ளனர். சில என்சைம்கள் எதிர் விளைவு இடங்களைப் (reactive sites) பெற்றுள்ளன. இவ்விடங்கள் வெவ்வேறு சூழ் நிலையில் செயற்படும். மற்றொரு என்சைமிலிருந்து உண்டான பிரிதொரு சிறு மாலிக்கூலுடன் இவைகளின் ஓர் என்சைம் சேரும் போது, அது நகல் என்சைமின் (original enzyme) செயல்களையே மாறுபடுத்திவிடும். அதைப் போலவே ஒரு புரதம், ஒரு ஜீனின் ஆக்டிவேட்டர் அல்லது தூண்டுபவராகவோ வேலை செய்யும். அப்

புரதம் சிறு மாலிக்கூலுடன் சேர்ந்தோ, சேராமலோ இருப்பதைப் பொருத்து வேலை செய்யும். அவ்வாறானபுரதங்களுக்கு 'அல்லோஸ்டெர்க்' (Allostaric) புரதங்கள் என்று ஜேகபும் மோனாடும் பெயரிட்டனர்.

ஒத்த என்சைம்கள் (iso-enzymes) இருக்குமானாலும் அவைகளும் ஜீன்களைக் கட்டுப்படுத்துகின்றன. இதனால் என்சைம்களின் பன்முகக் கட்டுப்பாடு (multiple control) ஏற்படுகிறது. ஒழுங்கு ஜீன்கள் ஆர்என்ஏ பாலிமரேஸுடன் (polymerase) புள்ளியில் ஒட்டிக் கொள்ள இடங்கள் அளிப்பதுடன் அவைகள் இயக்கு ஜீன்களுக்குச் செல்ல ஒரு வகையான கதவுகளை (gate)யும் திறந்து விடுகின்றன. அடக்கும் பொருளின் நிலைக்கேற்ப அக் கதவு திறந்தோ, மூடியோ இருக்கும். துவக்கப் பொருட்கள் அக் கதவைத் திறக்கவும், தடைப்படுத்தும் பொருட்கள் அக் கதவை மூடிவிடவும் செய்கின்றன (படம் 19).

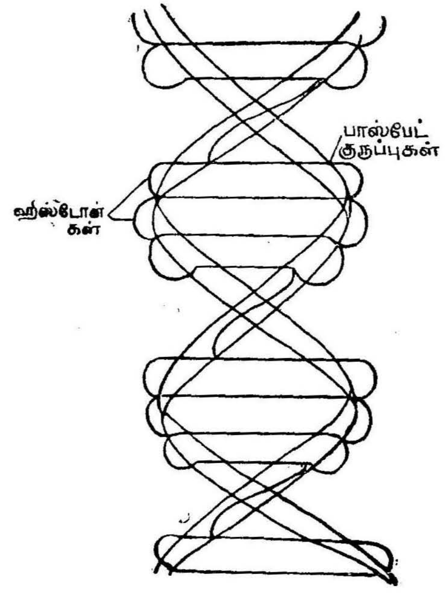


படம் 19.

1. ஆர்என்ஏ பாலிமரேஸ்களுக்கு ஒழுங்கு ஜீன்களை ஒட்டிக் கொள்ளும் புள்ளிகள் அளிப்பதுடன், அவைகள் இயக்கு ஜீன்களை அடையக் கதவை திறந்தும் விடுகின்றன.
2. தூண்டும் பொருட்கள் அடக்கும் புரதத்துடன் இணைந்து மூடிய கதவைத் திறந்து வழி விடுகிறது.

எல்லா செல் நியூக்ளியசிலும், ஹிஸ்டோன் (histone) என்ற புரதம் இருக்கிறது. இவைகளில் லைசின் (lysine) ஆர்ஜினின் (arginine) என்ற அடிப்படை அமிலங்கள் அதிக அளவில் இருக்கின்றன. இதனால் டிஎன்ஏயின் அமில பாஸ்ஃபேட்டுடன் திருகிய முறையில் சேர முடிகிறது. ஹிஸ்டோன்கள் ஜீன் தடைகளாக

(gene inhibitors) இருக்கின்றன. அதாவது செயலற்ற ஜீன்களின் வேலைகளைத் தடுத்தலாகும் (preventing the functions of inactive gene) மிர்ஸ்கி (A.E. Mirsky), பட்லர் (J.A.V. Butler) போன்றவர்கள் சோதனைகள் மூலம் உறுதிப்படுத்தியுள்ளனர் (படம் 20, 20a) இந்த ஹிஸ்டோன்கள் ஜீன் தடைகளாக இருந்து செயலற்ற ஜீன்களின் வேலைகளைத் தடுத்து, அதனால் எம்.ஆர்என்ஏ உண்டாவதையும் தடுக்கின்றன.

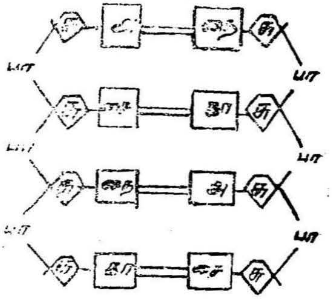


படம் 20.

ஹிஸ்டோன்கள்: அடிப்படைப் புரதங்களில் காணும் அமினோ அமிலத்தில் லைசினும் ஆர்ஜினினும் இருக்கின்றன. பாஸ்ஃபேட்டுடன் சேர்ந்து டிஎன்ஏவை உண்டாக்குகின்றன. இவைகள் ஜீன் தடைகள் போன்று செயல்படுவதாகவும் தெரிகிறது. டிஎன்ஏ வார்ப்பின் மேல் மெ. ஆர்என்ஏ உண்டாவதைத் தடுக்கின்றது.

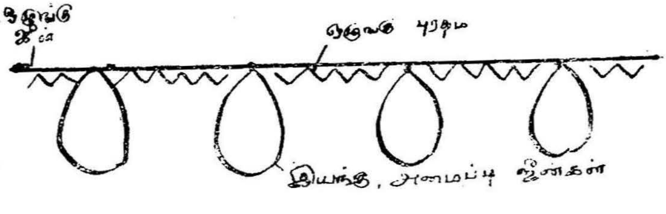
பாக்டீரியாவில் காண்பது போலவே மற்ற விலங்குகளின் (உ-ம்: பாலூட்டிகள்) குரோமோசோம்களிலும் டிஎன்ஏ வட்ட

லூப்புகளாக அமைந்திருப்பதுடன் அந்த லூப்புகள் ஒரு மத்திய 'முதுகெலும்பு'டன் (back bone) இணைந்துகாணப்படுவதாக Y. ஹோட்டாவும், A. பேசலும் (Y. Hotta and A. Bassel) விளக்கியுள்ளார்கள். டிரைட்டூரஸ் (triturus-newt) என்ற நீர்நில வாழ்வனவற்றின் ஊசைட்டில் காணப்படும், லேம்ப் பிரஷ் (lamp brush) குரோமோசோமில் டிஎன்ஏயின் மத்திய முதுகெலும்புடன், ஆர்என்ஏ லூப்புகள் இணைந்து காணப்படுகின்றன (படம் 21).



படம் 20a.

டிஎன்ஏ அமைப்பு



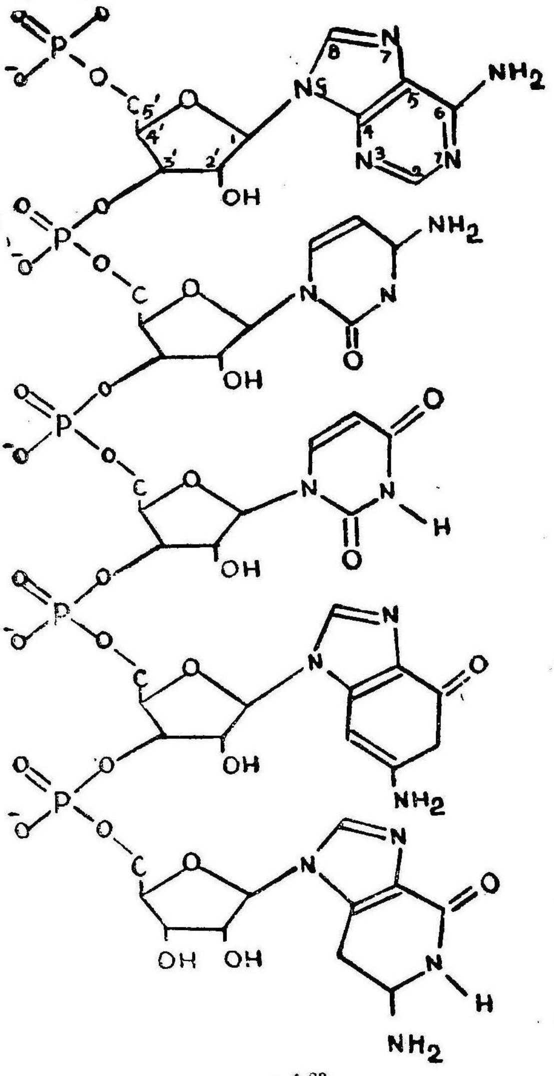
பாலூட்டிகளின் குரோமோசோமில் ஜீன்களின் பகுதி அதன் 'முதுகெலும்பில்' டிஎன்ஏ இதையும் அதில் ஒழுங்கு புரதங்களும் லூப்பில் இயக்கு, அமைப்பு ஜீன்களும் உள்ளன.

5. மரபியற் (ஜெனிட்டிக்) பொருள்: டிஎன்ஏயும் ஆர்என்ஏயும்

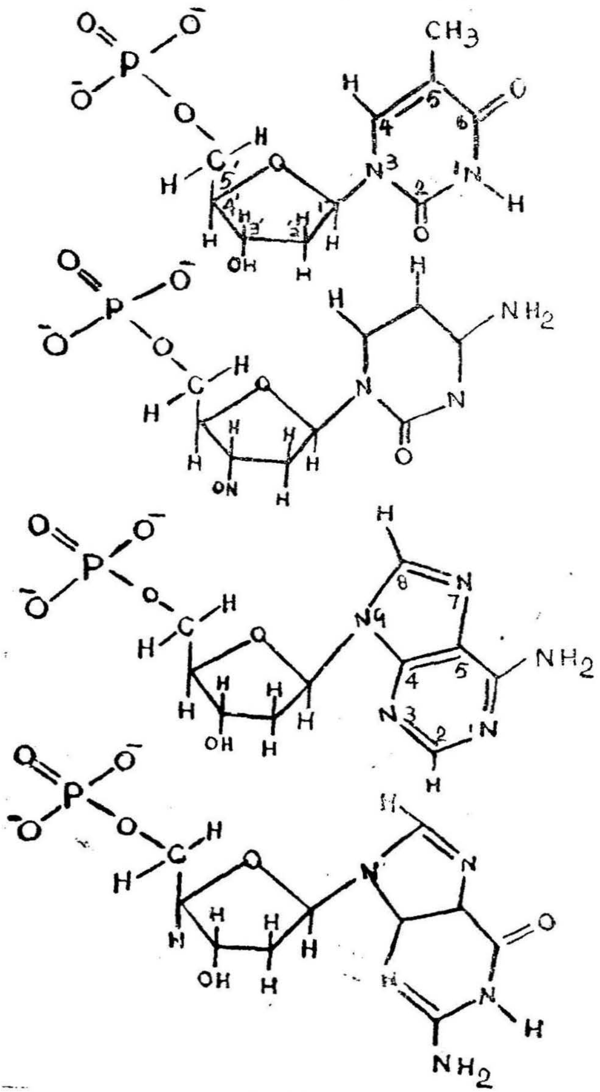
(Genetic Material: DNA, RNA)

உயிரியின் முக்கியப் பொருள் புரோட்டீன் என்றால் நியூக்ளிக் அமிலம் அதன் மாலிக்கூல் ஆகும். இதையே நீல அச்சு (blue print) என்று கூறுவார்கள். தற்கால ஆராய்ச்சியின்படி உயிரி களில் புரதம் தயாரித்தலை நெறிப்படுத்துவதும் பரம்பரைக் குணங் களுக்குத் திறவுகோல் போன்று இருப்பதுவும் நியூக்ளிக் அமில மாகும்.

இருவகை நியூக்ளிக் அமிலங்கள் உள்ளன. ஒன்று, டிஎன்ஏ (DNA: Deoxyribonueleic acid) (படம் 20a) மற்றொன்று ஆர்என்ஏ (RNA: Ribonucleic acid). டிஎன்ஏ செல்லின் நியூக்ளியசில் எப்போதும் காணப்படும். ஆர்என்ஏ நியூக்ளிசுக்கு வெளியே உள்ள சைட்டோபிளாசத்தில் காணப் படும். வேதியியல்படி அவ்விரண்டும் பெரும்பாலும் ஒத்திருக்கின் றன. ஒவ்வொன்றிலும் பாஸ்ஃபேட் (phosphate); பென்டோஸ் சுகர் அல்லது சர்க்கரை (pentose sugar) மூலக்கூறு அடிப்படை கள் (அ) காரங்கள் (bases) என்ற மூன்றும் நீண்ட சங்கிலித் தொடர் போன்று அமைந்துள்ளன (படம் 19, 22). ஆர்என்ஏ யில் அடிப்படைகள் சோடிகளின் அமைப்புத்தான் மாறி உள்ளது (படம் 23). இரண்டிலும் அடினின் (adenine), கானின்(guanine), சைட்டோசின் (cytosine) என்ற பேஸ்கள் உண்டு(படம் 22,25b). ஆனால் டிஎன்ஏ யில் தைமீன் (thymine) என்பதும், ஆர்என்ஏ யில் யூராசில் (uracil) என்பதும் நான்காவது பேஸ்களாகும்(படம்23). பேஸ் சோடிகள் ஒழுங்கற்ற வரிசையில் அமைந்துள்ளன,

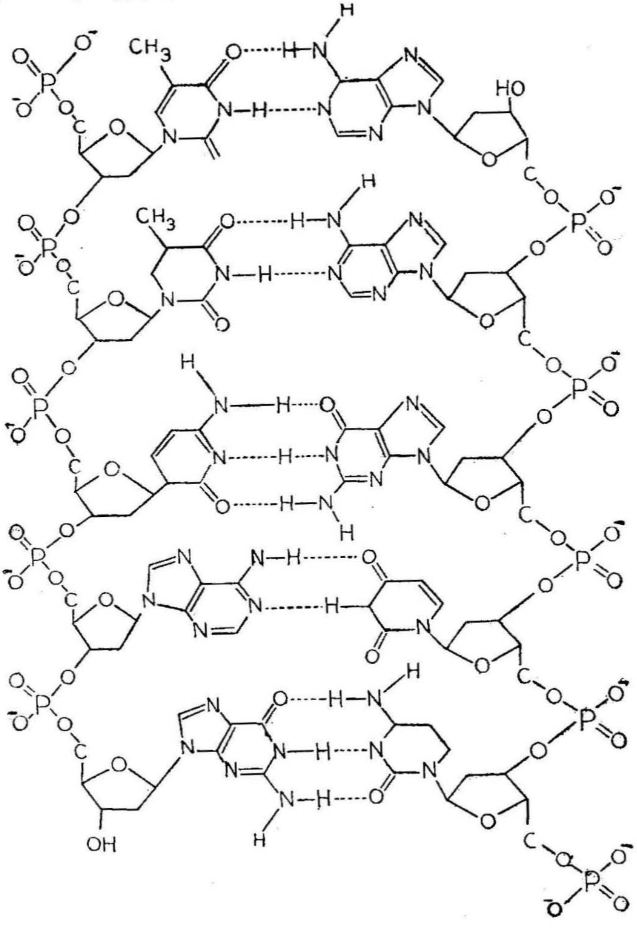


படம் 22.
டிஎன்ஏ அமைப்பு.



படம் 2[illegible].
நியூக்ளியோடைட் அமைப்பு

எலெக்ட்ரான் மைக்ராஸ்கோப் மூலம் பார்க்கும்போது டிஎன்ஏயின் அமைப்பு ஒரு நீண்ட கெட்டியான கயிற்றுத் துண்டு போல்தோற்றமளிக்கிறது. ஆனால் X-கதிர் மூலம் பிரித்துப் பார்க்கும்போது இரு மூலக் கூறுகள், ஒன்றின் மேல் ஒன்று முறுக்கிய



படம் 24.
டிஎன்ஏ மாலிக்கூலின் அமைப்பு.

வாறு ஏறித் திருகுசுழல் பொன்று அமைந்துள்ள (படம் 20), ஒரு கோவையின் அடிப்படைகள் மற்ருென்றில் சரியாக இணைந்து காணப்படும். அதாவது கானின் (guanine) சோடி சைட்டோசின் (cytosine) சோடிகளுடனும், அடினின் சோடிகள் (adenine) தைமீன் சோடிகளுடனும்தான் சேரும் (படம் 24).

ஆகவே ஒன்றின் பேஸ்கள் மற்ருெரு கோவையின் பேஸ்களை நிர்ணயிக்கின்றன.

அவ்வாறே ஆர்என்ஏ (RNA) யைப்பற்றியும் விளக்கியுள்ளார்கள். இதில் அடினின் என்ற அடிப்படையுடன் பல அடினிலிக் அமிலம் (poly adenylic or poly A) அல்லது பல யூராசில் (poly uracil or poly-A)என்பவையே சேரும். இவ்விரு பேஸ்களையும் ஒன்ருகக் கரைசலில் சேர்த்தால் இவ்விரு கோவைகளும் டிஎன்ஏ போன்று திருகுசுழல் அமைப்பில் இணைந்துவிடுகின்றன. அடினின் யூராசில் என்ற இரண்டையும் ஹைட்ரஜன் (H) இணைத்து வைக்கிறது. மேற்கூறிய செயற்கைக் கோவைகளையன்றி இயற்கை ஆர்என்ஏக்களும் இருக்கின்றன. இது இரு கோவைச் சங்கிலிகளால் ஆனது. இவை X-கதிர் மூலம் தெளிவாக விளங்குவதில்லை. ஆர்என்ஏ, டிஎன்ஏயுடன் அல்லது புரதத்துடன் சேர்ந்தால்தான் தெளிவுடனும் ஒழுங்காகவும் விளங்கும். இவற்றைப்பற்றிப் பாக்டீரியா போன்ற நுண்ணுயிரிகளில் அமெரிக்க செவிரோ ஒச்சோவா (Zevero Ochoa). ஆர்தர் கோரன்பெர்க் (Arthur L. Korenberg) போன்றவர்கள்ஆராய்ந்து வெளியிட்டுள்ளார்கள்.

குணங்கள் மரபு வழியில் தோன்றுகின்றன. அவற்றை டிஎன்ஏ தாங்கிச் செல்கின்றன என்று 1940 ஆம் ஆண்டில் ஆண்ட்ரு போவின் (Andrew Bovin), ரோஜர் (Roger), கோலெட் வெண்ட்ரலி (Colette Vendraly), ஆல்ப்ரட் மிர்ஸ்கி (Alfred E. Mirsky), ஹென்ஸ் ரிஸ் (Hens Ris) என்ற பலர் ஆராய்ந்து கூறியுள்ளார்கள். இவர்கள் தாம் உயிர் வேதியியல் முறையில் செல்லின் உயிர்த்தன்மையை விளக்கினுர்கள். ஒரு ஜீனிலிருந்து மற்ருெரு ஜீன் உண்டாகும்போது உயிர்வேதியியல் முறையில் இணைகிறது என்று கூறியுள்ளனர். இதனுல் வீஸ்மென் (Weisman கூறிய ஜெர்ம் பிளாசம் கொள்கைக்கு (Germ Plasam Theory) உயிர் வேதியியல் முறையில் விளக்கம் கூற முடிகிறது.

இம் மூலக்கூற்றின் அமைட்பை முதன் முதல் வெளியிட்ட வ ்கள் கிரிக் (F.H.C. Crick), வாட்சன் (J. D. Watson) என்ற

இருவருமாவார்கள். இவர்களின் கூற்றுப்படி இம் மூலக் கூற்றில் இரட்டைத் திருகு சுழல் (double helix) முறுக்கிழையால் இணைந் தாற் போல் அமைந்துள்ளது. இதன் அமைப்பை ஓர் இரும்பு திருகு சுழற்படிக்கு ஒப்பிடலாம் (படம் 20, 20a). அதன் படிகள் நியூக்ளியோடைட்கள், பாஸ்ஃபேட், டிஆக்சிரிபோஸ் என்ற சர்க் கரையினுல் (sugar) ஆனவை. படிமட்டும் அமினோ அமிலங்களான பியூரின் (purine), பிரிமிடின்களைக் (pyrimidine) குறிக்கும். தைமீன் (thymine), சைட்டோசின் இரண்டும் பிரிமிடின்களாகும். இவை சோடி சோடியாக இணைந்துள்ளன. இவ் விணைப்பில் முன் கூறியது போல் ஒரு பியூரினும், ஒரு பிரிமிடினும்தான் சேரும். இச் சேர்க்கை ஓர் எளிய புள்ளியில் ஏற்படுகிறது. இச் சேர்க்கையில் சிறப்பான விதிகள் உண்டு. அடினினுடன் (A) தைமீனும் (T), சைட்டோசினுடன் (C), கானினும் (G)தான் சேரும் ஆகையால் இவற்றில் நான்கு வித இணைப்புக்களே ஏற்பட முடியும். அவையாவன A = T ; T = A ; C = G ; G = C, இந் நான்கும் ஒன்றன்பின் ஒன்ருக மாறி வரும். ஒரு பக்கதில் **ACTG**யும் அதனுடன் **TGAC**யும் காணப்படும். இது போன்ற பல இணைவுகள் உண்டாகுகின்றன. இவ் விணைவுகள் பாஸ்ஃபேட் ரிபோஸ்களுடன் திரும்பத் திரும்பச் சேர்ந்து பல நியூக்ளியோடைட்களை உண்டாக்குகின்றன.

நான்கெழுத்து ஜெனிட்டிக்கோட் (குறியீடு)
ABCD நியூக்ளிக் அமிலம்

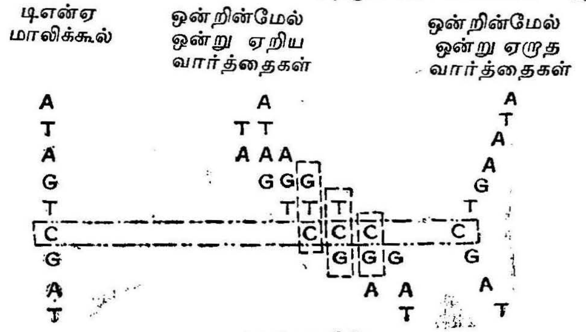
AB	CD	AD	AC	BA	AC	BD	AC	BA	BC
|	|	|	|	|	|	|	|	|	|
C	H	R	O	M	O	S	O	M	E

சுமார் 20,000 பியூரின் பிரிமிடின் சோடிகள் சேர்ந்து பாஸ்ஃபேட் டிஆக்சிரிபோஸ் இழைகளுடன் ஒருடிஎன்ஏ மாலிக்கூலேஉண்டாக்குகின்றன. ஆகவே எந்த ஒரு செல்லில் இருந்தாலும் அதில் குறைந்தது ஆறு சேர்க்கைகள் உண்டு. அதாவது **SPGCTA** என்று மேற்கூறியவாறு அமைதற்கு ஜெனிட்டிக் கோட் (குறியீடு) (genetic code) என்று பெயர். S=சுகர், P = பாஸ்ஃபேட், G=கானின் C=சைட்டோசின், A = அடினின், T= தைமீன். இவற்றின் உருவளவை ஆங்ஸ்ட்ராம் யூனிட்டுக்கள் மூலம் குறிப்பிடுவதுமுண்டு. (ஓர் ஆங்ஸ்ட்ராம் யூனிட் (Å) என்பது 0·1 மில்லிமைக்ரான்கள் அல்லது ஒரு மைக்ரானின் பத்தாயிரத்தில் ஒன்று.) ஆகவே ஒரு ஜீன், முன் அமைந்துள்ள ஜீனிலிருந்தே

உண்டாகிறது என்று மரபு வழி வல்லுநர்கள் அறிய முடிகிறது. ஒரு ஜீனின் பருமனளவு 10^{-8} முதல் 10^{-10} N^3 (உ-ம்:டுரோசோஃபைலா) என்றும் இது 10 மத்திய அளவு புரோட்டீன் மாலிக்கூலுக்குச் சமம் என்றும் கூறுகிருர்கள். ஆகவே ஒரு குரோமோசோமைச் சூப்பர் மாலிக்கூல் (super molecule) என்றும் கூறுவதுண்டு.

மரபியல் குறியீட்டுத் தொகுப்பு அல்லது ஜெனிட்டிக் கோட் (Genetic Code)

புரதச் சேர்க்கையில் ஜீன் பங்கு பெறுவதும், புரதத்தில், 20 அமினோ அமிலங்கள் நீளவாட்டில் சேர்ந்து பிரதான அமைப்பை உண்டாக்குகின்றன என்றும் தெரிந்ததே. இதில் ஜீனின் செய்தி 'வார்த்தைகளாக' வடிக்கப்படுகின்றன. இவ் வார்த்தைகளே குறிப்பிட்ட அமினோ அமிலங்களை உண்டாக்குகின்றன. இது இவ்வாறென்றால் எத்தனை குறைந்த பட்ச எழுத்துக்கள் கொண்ட ஒரு வார்த்தையாக அமைவதை முன்பு விளக்கினோம். அதாவது (4') ஓர் எழுத்துக்கள் ஒரு சமயத்தில் சேர்கின்றன. அவ்வாறே 16 (42) ஈரெழுத்து வார்த்தைகள் 64 (43) மூவெழுத்து வார்த்தைகள் சேர்கின்றன. 20 அமினோ அமிலங்கள் ஒரு கோடை அமைக்க 20 வெவ்வேறு வார்த்தைகள் தேவைப்படுகின்றன. அக்கோட் வார்த்தைகளில் குறைந்தது மூன்றெழுத்துக்கள் கொண்டதாக இருக்க வேண்டும். ஒரு டிஎன்ஏ மாலிக்கூலில் ஒரு சங்கிலித் தொடரின் ஒரு செக்மெண்டை எடுத்துக் கொள்வோம். அதில்



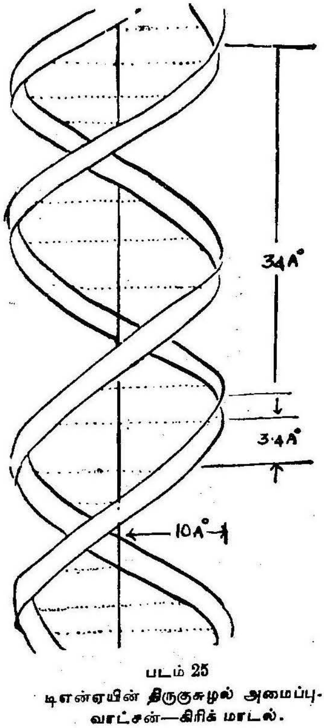
டிஎன்ஏ குறியீடு

12 பேஸ்கள் உள்ளன. அவைகளின் கோர்ப்பு முறையான (sense) எழுத்துக்கள் கொண்டதாகவும் மூன்று எழுத்துக்கள் கொண்டதாகவும் கொள்வோம். அவ்வாறு இருக்கும் போது, இக் குறியீட்டுத் தொகுப்பில் இரு வழிகளில் அமைகிறது.

1. ஒன்றின் மேல் ஒன்று ஏறிய வார்த்தைகள் (overlapping words).

2. ஒன்றின்மேல் ஒன்று ஏறுத வார்த்தைகள்(Non overlapping words).

ஒன்றின் மேல் ஒன்று ஏறிய முறையில் வாசித்தால் ஒவ்வொரு நியூக்ளியோடைட்டிலும் GTG, TCG, CCA என்றவாறு தோன்று கின்றன. ஒன்றின் மேல் ஒன்று ஏறுத முறையில் வாசித்தல்



படம் 25
டிஎன்ஏயின் திருகுசுழல் அமைப்பு-
வாட்சன்—கிரிக் மாடல்.

C, GTC என்ற ஒரே ஒரு வார்த்தையில் அமைகிறது. இம் மாதிரி நிகழக் கூடியதை வேறுபடுத்திக் காண்பது சாத்தியமா? முடியும். ஏனெனில் ஒரு டிஎன்ஏ மாலிக்கூலில், நிகழும் நிலையான திடீர் மாற்றம் (mutation) என்பது அம் மாலிக்கூலில், ஒரு பேஸுக்கு

பதில் மற்றொன்று புகுவதே. (Aக்கு பதில் C புகுவது ஆகும்). இதன் முடிவாக அப் புரதத்தில் ஏற்படும் சாத்தியக் கூறு மாற்றங்கள் வேறுபடுத்திக் காணலாம். ஒன்றின் மேலொன்று ஏறிய

ஓரெழுத்துத் தொகுப்பு (4 வார்த்தைகள்)

U
C
A
G

ஈரெழுத்துத் தொகுப்பு (16 வார்த்தைகள்)

இரண்டாமெழுத்து

முதலெழுத்து	U	C	A	G
U	UU	UC	UA	UG
C	CU	CC	CA	CG
A	AU	AC	AA	AG
G	GU	GC	GA	GG

மூவெழுத்துத் தொகுப்பு (64 வார்த்தைகள்)

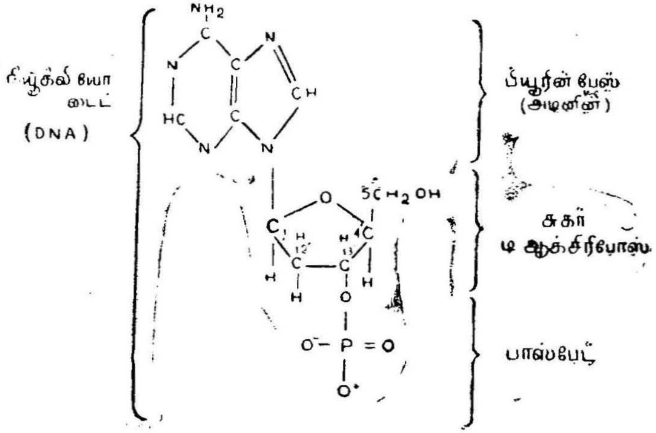
இரண்டாமெழுத்து

முதலெழுத்து	U	C	A	G	மூன்றாமெழுத்து
U	UUU, UUC } Phe UUA, UUG } Leu	UCU, UCC, UCA, UCG } Ser	UAU, UAC } Tyr UAA-ochre UAG-amb	UGU, UGC } Cys UGA-opal UGG-tryp	U C A G
C	CUU, CUC, CUA, CUG } Leu	CCU, CCC, CCA, CCG } Pro	CAU, CAC } his CAA, CAG } glu.N	CGU, CGC, CGA, CGG } Arg	U C A G
A	AUU } iso AUC } Leu AUA, AUG } Met	ACU, ACC, ACA, ACG } Thr	AAU, AAC } Asp.N AAA, AAG } Lys	CGU, CGC } Ser CGA, CGG } Arg	U C A G
G	GUU, GUC, GUA, GUG } Val	GCU, GCC, GCA, GCG } Ala	GAU, GAC } Asp GAA, GAG } Glu	GGU, GGC, GGA, GGG } Gly	U C A G

படம் 25a.
ஜெனிட்டிக்கோட்

வார்த்தைகளில், இந்த ஒரு பதில் புகுத்தலினால் (substitution) GTA, TAA, AGA மூன்று வகை மாறிய வார்த்தைகள் அமைகின்றன. இம் மூன்று வகை மாற்றங்களினால் மூன்று வெவ்வேறு

அமினோ அமிலங்கள் உண்டாகின்றன. ஆனால் ஒன்றின் மேல் ஒன்று ஏருத வார்த்தைகள் மூலம் GTA என்ற ஒரே அமினோ அமில பதில் புகுதல்தான் உண்டாகிறது. ஒரு புள்ளி மியூட்டேஷன்களில் (single point mutation) அதாவது ஒரே மியூட்டண்ட் மாலிக்கூல் உண்டாவது, ஓர் அமினோ அமில பதில் புகுதல் தான் நிகழ்கிறது. இதனால்தான், ஒன்றின் மேல் ஒன்று ஏறும் குறியீடு ஜெனிட்டிக் கோட் (genetic code) ஆகும். இந்தமாதிரி யாகச்சேர்ந்த கோட் வார்த்தைகளின் தொகுப்பே, ஓர் எழுத்து, ஈர் எழுத்து, மூவெழுத்து (singlet, doublet, triplet) கொண்ட கோட் அகராதி (code dictionary) ஆகும் (படம் 25a).

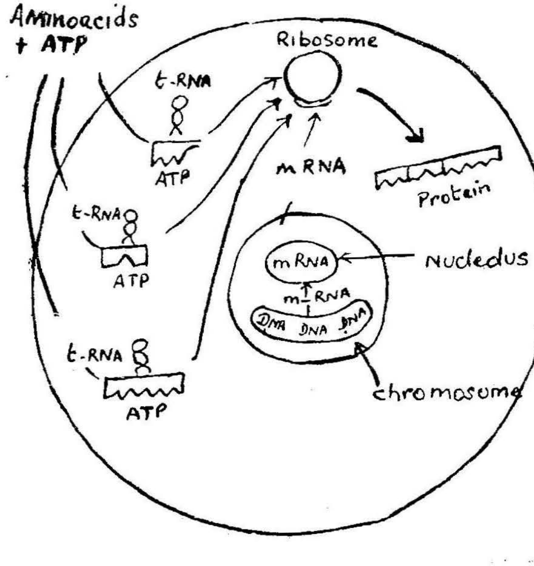


படம் 25b.
நியூக்ளியோடைட்.

புரதச் சேர்க்கை

சுருக்கமாகக் கூறினல் புரதச் சேர்க்கைக்கு பல பொருட்கள் தேவைப்படுகின்றன. அமினோ அமிலம் (amino acids), ATP ஆற்றல் (ATP energy source) ரைபோசோம்ஸ் (ribosomes) கரையும் ஆர்என்ஏ (soluble RNA or transfer RNA), மெசஞ்சர் ஆர்என்ஏ (messenger RNA) சில என்சைம்கள் போன்றவைகளே. இச் சேர்க்கை நிகழ்வது டிஎன்ஏயின் அடிப்படையைப் பொருத்ததே (படம் 25 யையும் படம் 103யையும் பார்க்க).

டிஎன்ஏக்கு இரு வேலைகள் உண்டு. ஒன்று, இரட்டித்தலுக்கு வார்பாக (template) அமைதல், இரண்டு ஆர்என்ஏச் சேர்க்கைக்கு வார்பாகப் பயன்படுத்தல். இதன் இரண்டாம் வேலையில் புரதச் சேர்க்கைக்குரிய மரபியற் செய்திகள், அதாவது, டிஎன்ஏ நியூக்ளியோசைட் தொடர் வரிசையை (sequence) மெசஞ்சர் ஆர்என்ஏ நியூக்ளியோசைட் தொடர் வரிசையாகப் பகர்க்கப்படுகின்றன. (transcribed) இச் செயலில், டிஎன்ஏ மாலிக்கூலின் ஒரு பட்டை வார்ப்பாகப் பயன்படுகிறது. இதனால், புரதச் சேர்க்கை எம்.ஆர்என்ஏ நியூக்ளியோடைட் தொடர் வரிசையை புரதத்தின் அமினோ அமில தொடர் வரிசையாகப் பெயர்க்கிறது (translate).



படம் 26

புரதச் சேர்க்கை : டிஎன்ஏ, எம். ஆர்என்எரைபோசோம்களின் செயல்கள்.

புரோட்டீன் சேர்க்கையில், மூன்று வகை ஆர்என்ஏ மால்க் கூல்கள், முக்கிய பங்கு கொள்கின்றன. அதில் முழுமையாக பங்கு பெறும் வகை ரைபோசோமல் ஆர்என்ஏ (ribosomal RNA அல்லது r-RNA) ஆகும். இது சைட்டோபிளாசத்திலுள்ள ரைபோசோம்களில் இருக்கிறது. செல்களில் சிறு நொய்வு

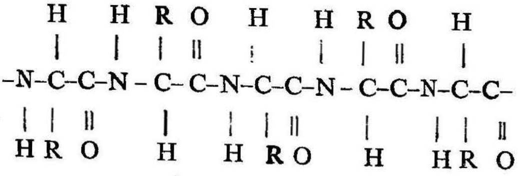
(disruption) ஏற்பட்டாலும் ரைபோசோம்கள் ஒன்று சேர்ந்து காணப்படும். இவைகளுக்கு பாலிரைபோசோம்கள் அல்லது பாலிசோம்கள் என்று பெயர் (polyribosomes or polysomes). ரைபோசோம்களின் தளத்தில், அமினோ அமிலங்கள் சேர்ந்து புரதங்களாக ஆகின்றன.

அடுத்த வகை சிறு மாலிக்கூலால் ஆனது. இதற்கு கரையும் ஆர்என்ஏ (soluble RNA, i.e.s-RNA or transfer RNA, i.e., t-RNA)என்று பெயர். இந்த எஸ்.ஆர்என்ஏ புரதச் சேர்க்கையில், அமினோ அமிலத்தைத் துண்டுகிறது (activation). இதன் படி முறையில்எஸ்.ஆர்என்ஏ மாலிக்கூலின் முனையில், என்சைமின் செயலினால் தனி அமினோ அமிலம் கோவேலன்ட் (covalent) ஆகிறது. ஓர் அமினோ அமிலத்தின் தூண்டுதலுக்கு குறிப்பிட்ட (specific) எஸ்.ஆர்என்ஏயும் என்சைமும் இருக்க வேண்டும்.

இருபது அமினோ அமில தூண்டி என்சைம்கள் (amino acid activating enzymes) இருக்கின்றன. அதனால் குறைந்தது இருபது குறிப்பிட்ட வகை எஸ்.ஆர்என்ஏ மாலிக்கூல்கள்இருக்கவேண்டும். ஒவ்வொரு மாலிக்கூலின் நியூக்ளியோடைட் தொடர் வரிசையில் சைட்டோசின், சைட்டோசின் அடினின் (CCA) 3ம் முனையிலும், கானின் (G) 5ம் முனையிலும் காணப்படுகின்றன. அடினின் உள்ள அம் மூன்றும் முனையில் அமினோ அமிலம், எஸ். ஆர்என்ஏயுடன் கோவேலன்ட் முறையில் கட்டப்பட்டுள்ளது (covalently bound). இங்கு குறிப்பிட்ட என்சைம் பயன்படுகிறது. உதாரணமாக டைரோசின் எஸ். ஆர்என்ஏயில் தூண்டும் டைரோசின் மாலிக்கூலைக் கூறலாம். இப் புரதச் சேர்க்கையில் அடுத்தபடியாக அமினோ அமிலங்கள் குறிப்பிட்ட தொடர் வரிசையில் இணைகின்றன. இப்படி முறைக்கு எம்.ஆர்என்ஏ (messenger RNA or m-RNA) தேவைப்படுகிறது. ஒவ்வொரு புரதச் சேர்க்கைக்கும் ஒவ்வொரு வகையான எம். ஆர்என்ஏக்கள் உண்டாகின்றன. எந்த டிஎன்ஏயின் வார்ப்பாக இருந்ததோ அதனை ஒத்த முறையில், எம்.ஆர்என்ஏ மாலிக்கூல் நியூக்ளியோடைட்டையும்தொடர் வரிசையையும் பெற்றிருக்கின்றன. எம்.ஆர்என்ஏயின், மாலிக்கூல் தொடரிர் வசையில், தேவையான அமினோ அமிலங்களைத் தயாரிக்கக் கூடிய ஆற்றல் இருக்கிறது. அவைகள், தக்க தொடர் வரிசையிலும், குறிப்பிட்ட முறையிலும் மூவகை (triplets) நியூக்ளியோடைட்கள் கோட் வார்த்தைகளில் அமைந்துள்ளன (code word). ஒவ்வொன்றும் குறிப்பிட்ட அமினோ அமிலத்தைக் குறிக்கிறது. ஒவ்வொரு எஸ். ஆர்என்ஏயும் ஒவ்வொரு மூவகை

நியூக்ளியோடைட் கோடான்களைப் பெற்றுள்ளன. இக்கோடான் களுக்கு எதிர் (ஆன்ட்டி) கோடான்கள் (anti-codons) என்று பெயர். இது எம். ஆர்என்ஏ கோடான் டைரோசினுக்கு முழுமை யாக்கும் கூறாக அமைகிறது(complimentary). இந்தஎஸ். ஆர்என்ஏ எம். ஆர்என்ஏ இணைவு (s-RNA) RNA, m-RNA pairing) புரதத் தின் அருகே அமில வரிசை அமைப்பை செப்பமாக்குகிறது, இதனால், எஸ். ஆர்என்ஏ ஆன்ட்டி கோடான் அதற்குத் தக்க எம். ஆர்என்ஏ கோடானை தொடர்பற்ற முறையில் (random) தேடிக் கண்டுபிடித்துச் சேர்கிறது.

புரதச் சேர்க்கையில் அமினோ அமிலங்கள் நீள வரிசையில் வளர்கின்றன. இச் சங்கிலித் தொடருக்கு பாலிபெப்ட்டைட் (polypeptide) என்று பெயர். இம் முனையில் தான் கார்பாக்ஸில் குரூப் (carboxyl group) இருக்கிறது. மற்றொரு முனைக்கு N முனை என்று பெயர். இதில் அமினோ குரூப் (amino-group) இருக்கிறது. புரதச் சேர்க்கையில் N முனையிலிருந்து பாலி பெப்டைட் சங்கிலி துவங்குகிறது.



மேலுள்ள படத்தில் பாலிபெப்டைட் குரூப்புகள் (C CO NHC) என்ற தொடர் அமைப்பில் காட்டப்பட்டுள்ளது. இச் சங்கிலித் தொடர் அமினோ அமிலங்களினால் ஆனது. மத்தியில் ஒத்தகுரூப்பு களும் பக்கத்தில் தக்க (R) ரேடிகல்களும் சேர்கின்றன. Rல் 19 அமினோ அமிலங்கள் சேர்க்க (புரோலீன் நீங்க) படம் 26 ரைபோ சோமில் (ribosome) இரு எஸ். ஆர்என்ஏ குறிப்பிட்ட இடங்கள் அல்லது சைட்டுகள் (s-RNA specific sites) இருக்கின்றன என்று கருதப்படுகிறது. ஒன்றில் அமினோ அமில எஸ். ஆர்என்ஏ மாலிக் கூலில் தற்காலிகமாக அதன்இணைவான எம். ஆர்என்ஏ முப்படிகள் (m-RNA triplets) இணைந்துள்ளன. மற்றொன்றில், வளரும் பெப்டைட் சங்கிலி, இரண்டாவதுஎஸ். ஆர்என்ஏ மாலிக்கூலுடன் இணைந்துள்ளது. எம். ஆர்என்ஏ, ரைபோசோமின் மேல் நகர்ந்து கொண்டு செல்லும் போது, அதன் முப்படிகளில் ஒவ்வொன்றும்,

முதல் சைட்டில் கோர்த்துக் கொள்கிறது. உரிய அமினோ அமிலம் எஸ். ஆர்என்ஏ இவ்விடத்திற்கு வரும் போது, அதற்கு இணைவான எம்.ஆர்என்ஏ முப்படியுடன் இணைகிறது. என்சைமின் செயலினால் ஒரு பெப்டைட் பாண்ட் (bond) உண்டாகி, அந்த வளரும் பெப்டைட் சங்கிலித் தொடரில் புது அமினோ அமிலம் சேர்கிறது.

இவ்வாறு நிகழும் போது பழைய எஸ்.ஆர்என்ஏ (original s-RNA) மாலிக்யூல் அந்த பெப்டைட் சங்கிலியின் இணைப்பை நீக்கிக் கொண்டு, ரிபோசோமிலிருந்து வெளிவருகிறது. இது தற்சமயம் வேறு அமினோ அமிலத்துடன் இணைய தனித்து இருக்கிறது. இறுதிப் படியாக எம்.ஆர்என்ஏயும், அதனுடன் சேர்ந்த பெப்டைட் சங்கிலியும் ரைபோசோம் போக்கில் நகர்ந்து, புதிய முப்படிகளை முதலாம் சைட்டில் வெளிப்படுத்துகிறது.

மேற்கூறிய எடுத்துக்காட்டில், ஒரு ரைபோசோமில்தான் புரதச் சேர்க்கை நடப்பதாக விளக்கப்பட்டிருக்கிறது. உண்மையில் எம். ஆர்என்ஏ, ரைபோசோம் கூட்டங்களுடன் (group) இணைந்து செயல்படுகிறது. இதனால் முன் கூறியது போல பாலிரைபோசோம்கள் (polyribosomes) உண்டாகின்றன. இந்த ரைபோசோம் கூட்டங்களுடன் எம்.ஆர்என்ஏ நகர்ந்து சென்று பல பாலிபெப்டைட் சங்கிலிகளை கொண்ட சேர்க்கையை ஒரே சமயத்தில் உண்டாக்குகிறது (படம் 103, 104யையும்பார்க்க).

ஜெனிட்டிக்கோட் அகராதி (முப்படி வார்த்தைகள்)

(Genetic Code Dictionary)

அமினோ அமிலம்	ஆர்என்ஏ கோட் வார்த்தைகள்
அலனின் (Alanine)	CCG UCG*
ஆர்ஜினின் (Arginine)	CGA AGA UCG
அஸ்பாரஜின் (Asparagine)	ACA AUA
அஸ்பார்ட்டிக் அமிலம் (Aspartic Acid)	GUA
சிஸ்டின் (Cysteine)	UUG*
குளுட்டமின் (Glutamine)	ACA AGA AGU*

குளுட்டமிக் அமிலம் (Glutamic Acid)	GAA	AGU*		
கிளைசின் (Glycine)	UGG	AGG		
ஹிஸ்டிடின் (Histidine)	ACC			
ஐசோ லூசின் (Isoleucine)	UAU	UAA		
லூசின் (Leucire)	UUG	UUC	UUA	UUU
லைசின் (Lysine)	AAA	AAG*	AAU*	
மித்தியோனின் (Methionine)	UGA*			
பினைல் அலனின் (Phenol alanine)	UUU			
புரோலின் (Proline)	CCC	CCU*	CCA*	CCG*
செரின் (Serine)	UCU	UCC	UCG	
திரோனின் (Threonine)	CAC	CAA		
டிரிப்டோபேன் (Tryptophane)	GGU			
டைரோசின் (Tyrosine)	AUU			
வேலின் (Valine)	UGU			

*(அடையாள மிட்டவைகள் சரிவர நிர்ணயிக்கப்படவில்லை.)

இவ்வாறு 20 அமினோ அமிலங்கள் மூலம் புரதச் சேர்க்கை நிகழ்கிறது. அவைகள் முனைக்கு முனை இணைந்து நீள பாலி பெப்டைட் சங்கிலியான புரத மாலிக்கூலை தயாரிக்கிறது, ஒரு பாலி பெப்டைட் சங்கிலியில் 100 முதல் 300 அல்லது அதற்கு மேலும் அதிகமான அமினோ அமிலங்கள் காணப்படும்.

ஜெனிட்டிக் கோட் (genetic code) என்பது செய்தியைக் கொடுப்பது மட்டுமல்ல, அது செல்லின் 'அகராதியே' ஆகும். எவ்வாறு அமினோ அமிலத்தை நான்கு எழுத்து மொழி மூலம் பெயர்த்து விளக்க முடியுமென்றும், அவ்வாறேஅதனால் புரதத்தின் 20 எழுத்து மொழிகள் விளக்குகின்றன என்றும் அதிலிருந்து கண்டு கொள்ளலாம். கிரிக் (F.H.C. Crick) என்பவர் பல மறைமுக சோதனைச் சான்றுகள் மூலம் முப்படிக் கோடை (triple code)விள்க்கினார்.நிரென்பெர்க்64 முப்படிக்கோடைநேரடி சோதனைகள் மூலம் விளக்கினார். இதற்கு இவர் ஈ.காலை (E. Coli) என்ற பாக்டீரியாவைப் பயன்படுத்தினார். ஒச்சோவா (S. Ochoa) என்பவர் பாலி நியூக்ளியோடைட்டைத் தயாரித்துள்ளார்.

செயற்கை முறை எம். ஆர்என்ஏ

நிரென்பெர்க்கும் மத்தாயும், 1961ல் செயற்கை ஆர்என்ஏ யைத் தயாரித்ததற்கு ஒப்ப கொரானாவும் (Khorana) அவர் உடன்உழைப்பாளர்களும் செயற்கை முறையில்எம்.ஆர்என்ஏயை

உண்டாக்கினர். வேதியச் செயல்களின் மூலம், சில என்சைம்களைக் கொண்டு ஒரு நீண்ட ஆர்என்ஏ மாலிக்கூலை உண்டாக்கினர். உதாரணமாக அதன் தொடர் வரிசையில் UGUG, UGUG, UGUG,... என்ற கோட் எழுத்துக்கள் கொண்ட வார்த்தைகள் இருந்தன. உயிர்வேதியலின் முப்படிக் கோடில் கூறினால் UGU–CUG—UGU—CUG என்று தெரிகிறது. இந்த பாலிபெப்டைட்கள், வரிசையாக இல்லாமல், மாறி அமைந்துள்ளன. இதன் அமினோ அமிலங்கள், Cys-Val-Cys-Val என்று தெரிய வருகிறது.

இம் மாதிரி மேலும் சில தொடர் வரிசைகளை அவர்கள் உண்டாக்கினர். அதில் XYZ ......XXYZ... இருந்தன. இந்த XYZ வகையில் ஓர் அமினோ அமிலம் ஒத்த பாலிபெப்டைட் (homo-polypeptide) கொண்டதாக இருக்க வேண்டும். இதில், XYZ மட்டுமல்லாமல், YZX, ZXYம் உண்டாயின. இவ்வாறாக பாலி AUCயிலிருந்து பாலி ஐசோலூசின் (polyisoleucine), பாலி செரின் (polyserine), பாலிஹிஸ்டிடின் (poly histidine) உண்டாகின்றன. இவைகளுக்கு முறையே AUC, UCA, CAU கோட் எழுத்துகளாகும். இதிலிருந்து சுமார் 25 முப்படி கோட்களை கொரானாவும் அவருடைய உடன் உழைப்பாளர்களும் கண்டுள்ளனர்.

டிஆர்என்ஏயும் ஆன்ட்டி கோடான்களைக் (anti-codons) கொண்டு ஜெனிட்டிக் கோட்களை ஆராய்ந்தனர். ஹோலியும் அவர் உடன் பணியாளர்களும் (Robert W Holley, Cornell University) ஈஸ்டில் (yeast) ஆராய்ந்ததில் டி. ஆர்என்ஏயில் 77பேஸ்கள் அதில் இருப்பதாகவும், அதன் மாலிக்கூலின் மத்தியில், ஓர் ஆன்ட்டி கோடான் (எதிர் கோடான்) இருப்பதாகவும் கண்டனர். அதன் வரிசை அமைப்பு ICC ஆகும் (I = Inosine) ஐனோசின் காஸின் அமைப்பைப் பெற்றதே. ஆன்ட்டி கோடான்கள் யாவும், அலனீன் டைரோசின் போன்றவைகள் என்று கண்டனர். அதாவது IGC, serine—IGA, tyrosine—CψA (ψ = Pseudo uridylic acid like uracil) அவ்வாறே வேலினுக்கு (valine) ஆன்ட்டி கோடான் IAC யாகவும், பீனைல் அலனினுக்கு (phenyl alanine) GAA ஆகவும் வேறு சிலர் கண்டறிந்தனர்.

அடாப்டர் கோட்பாடு (The Adaptor Theory)

டிஎன்ஏ அல்லது ஆர்என்ஏயின் பேஸ் தொடர்களின் பாலிபெப்டைட் சங்கிலியில், அமினோ அமிலம் பெயர்க்கப்படுகிறது.

(translated) என்பதை கிரிக் விளக்கும் போது அவைகளுக்கிடையே நேரடித் தொடர்பைக் காண்பது கடினம் என்று கூறினார். ஆகவே அவர் கூறிய விளக்கமாவது, அமினோ அமிலங்கள் தனக்குரிய குறிப்பிட்ட அடாப்டருடன் (adaptor) சேர்ந்து அதன் பிறகு அந்த அடாப்டர்கள், அதற்குரிய ஹைட்ரஜன் பாண்டுடன் சேர்வதாகவும், அது டிஎன்ஏ அல்லது ஆர்என்ஏ பேஸ் தொடர் வரிசையில் சேர்வதாகக் கூறினார். நியூக்ளியோடைட் கொண்ட பேஸ்கள்தான் அடாப்டர்கள் என்றும் கூறினார். இவ்வினைவிற்கு குறிப்பிட்ட என்சைம் தேவை என்று கூறினார். அடுத்த ஓர் ஆண்டில் கிரிக் கூறியதின் விளக்கமாகஹோ லேண்டும் (Hoagland) அவருடன் உழைப்பினர்களும் (1957) அதற்குரிய மாலிக்கூலைக் கண்டுபிடித்தனர். எலியின் (Rattus moruegius) கல்லீரல் செல்களிலிருந்து அந்த மாலிக்கூலைக் கண்டனர். அது மிகக்குறைந்த மாலிக்கூல் எடையுள்ள ஆர்என்ஏவாகும். இதையே கரையும் ஆர்என்ஏ என்றும், பிறகுதான் எ.ஆர்என்ஏ (acceptor RNA) டி,ஆர்என்ஏ (transfer RNA) என்பவைகளைக் கண்டுபிடித்தனர். அதாவது அமினோ அமிலங்களை ஆமோதிக்கவும் (accept) அவைகளைப் புரதங்களாக மாற்றவும் (transfer) செய்கின்றன என்பதாகும். டி.ஆர்என்ஏவே கிரிக் கூறிய ஊகத்தின்அடாப்டராகும்.

புரதச் சேர்க்கையில் அமினோ அமிலங்கள் சேரும் மூன்று முக்கிய படிகள்

i. $E_1 + aa_1 + App \rightarrow E_1(aa_1PA) + pp$.

ii. $E_1(aa_1PA) + RNA_1 \rightarrow aa_1RNA_1 + E_1 + AP$.

iii. $aa_1RNA + aa_2RNA_2 \underset{Gppp}{\overset{Tr}{\longleftarrow}} aa_1aa_2RNA_2 + RNA_1$

A = அடினோசின் (அடினோசின் ரைபோ நியூக்ளியோசைட்)

$\left.\begin{matrix} aa_1 \\ aa_2 \end{matrix}\right\}$ = அமினோ அமிலங்கள் நெ. 1, 2.

E_1 = தூண்டும் என்சைம்கள் நெ 1.

C= காஞேசின் (கா.னின் ரைபோ நியூக்ளியோசைட்)

P=பாஸ்ஃபேட்

$\left.\begin{matrix} RNA_1 \\ RNA_2 \end{matrix}\right\}$ = டிரான்ஸ்பர் ஆர்என்ஏ நெ, 1, 2

Tr = டிரான்ஸ்பர் என்சைம்கள்.

இதில் மூன்றாவதுபடி (step) ரைபோசோம் நடப்பதாகவும், செயற்கை யூராசிலை பயன்படுத்தி டக்னுமியும் ஒக்கமோட்டோவும் (Takanami and O Kamoto, 1963) கண்டுபிடித்தனர். ஒவ்வொரு டி.ஆர்என்ஏயும், சில குறிப்பிட்ட நியூக்ளியோடைட்கள் (ஆன்ட்டி கோடான்) அடிப்படை (பேஸ்) வரிசையுடன் (கோடான்) சேர்கின்றன என்று கூறினர். இடையில் மாற்று என்சைமும் (transfer enzyme) தேவைப்படுகிறது.

பிறழ்ச்சிக் கோட்பாடு (The Wobble Theory of Crick)

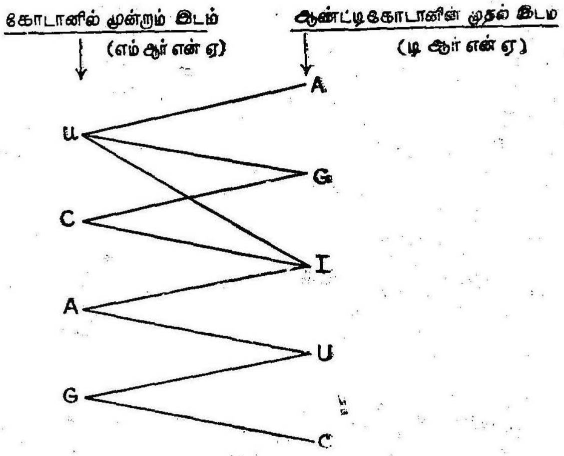
எம்.ஆர்என்ஏயின் மேல் (m.RNA) கோடான்களும் டிஆர்என்ஏயின் மேல் (t-RNA) ஆன்ட்டிகோடான்களும், எவ்வாறு பேஸ் சோடிகள் (base-pairing) சேர்கின்றன என்று கிரிக் (Crick 1966) ஆராய்ந்தார். மேற்கூறிய அட்டவணைப்படிகளில் கண்டபடி கோடானின் முதல் இரண்டு இடங்களில் ஆன்ட்டி கோடான் மூலம் நான்கு பேஸ்கள் தெளிவாக்கப்பட்டன இவ்விரு இடங்களின் இணைவுகள் (pairing) படித்தரமான நிலைகளே (standard) சங்கிலிகளின் எதிர் இணைவு இயக்கத்தினால் (Antiparallel direction) கோடானின் 1ம் 2 பேஸ்கள் ஆன்ட்டி கோடானின் 3, 2 பேஸ்களில் இணைகின்றன (pair) அமினோ அமிலத்தின் சிக்கலான (multple) கோட் அந்தக் கோடானின் மூன்றும் இடத்து மாறுபாட்டினால் நிகழ்ந்தது. முதல் இரு இணைவுகளும் முறையாக நிகழ்ந்தால், மூன்றாவதும் முறையாக அமைந்திருக்கும் என்று கிரிக் கூறினார். அந்தக் கோடானின் 3ம் இடம், (ஆன்ட்டிகோடானுடன் இணைவதாகவும், அந்த இடத்தில் பிரிமிடின்கள் (pyrimidines) Uவும் cயும்) இருப்பதாகவும், பியூரின்களிலிருந்து (purine) வேறுபடுத்திக் காணக் கூடியதாகவும் இருக்கின்றன என்று கூறினார் (histidine and glutamine) இம்மாதிரியான அசாதாரண பேஸ் சோடிகள் இணைவில், ஒன்று பிரிமிடினுடனும் மற்றது நிகழாமலும் இருக்கும் முறையான சோடிகளுடன் (கோடானில் சைட்டோசின், ஆன்ட்டிகோடானில் ஹைபோக்ஸேந்தின் (hypoxanthine), சிறு பிறழ்ச்சியும் (wobble) நிகழ்கிறது. (a) கோடானின் யூராசில் ஆன்ட்டிகோடானின் கானின் அல்லது ஹைப்போக்ஸேந்தினினுடன் இணைதல்.

(b) கோடானின் அடினின், ஆன்ட்டிகோடானின் ஹைப்போக்ஸேந்தினினுடன் இணைதல்.

(c) கோடானின் கானின், ஆன்ட்டி கோடானின் யூராசிலுடன் இணைதல்,

AGGlu : நியூக்ளியோசைட்

(அடினோசின், சிட்டிடின், காலோசின். இனோசின், யூரிடின்)
பேஸ்கள் : அடினின், சைட்டோசின், கானின், ஹைப்போஃசேந்



தின், யூராசில், கறுப்புக்கோடுகள் முறையான பேஸ் சோடி களுக்கும் பச்சைக் கோடுகள் அதிகப்படியான சோடி இணைவு களையும் குறிக்கும்.

ஆன்ட்டிகோடான்	கோடான்
U	A G
C	G
A	u
G	U C
I	U C A

கோடான் — ஆன்ட்டிகோடான் எதிர் இணை இயக்கம்

	→	→	→	→	→
கோடான்	u	u	u	u	u
	GcC	UcC	UAC	GuC	UuC
	I I A	I I A	I I I	I I A	I I I
	I I I	I I I	I I I	I I I	I I I
	I I I	I I I	I I I	I I I	I I I
	I I I	I I I	I I I	I I I	I I I
	I I I	I I I	I I I	I I I	I I I
ஆன்ட்டிகோடான்	CGI	AGI	AψG	CAI	AAG
	←	←	←	←	←
அமினோ அமிலம்	அலனி	செரி	டைர	வேலி	பினை

மேற்கூறிய பிறழ்ச்சிக் கோட்பாடு மேலும் சில நுண்ணுயிரிகளிலும் ஆராயப்பட்டு (Saccharomyces, E. Coli) சோதனைச் சான்றுகளுடன் விளக்கப்பட்டுள்ளது. இதில், குறிப்பிட்ட அமினோ–அசைல் டிரான்ஸ்பர் ஆர்என்ஏ (amino-acyl transfer RNA) பயன்படுத்தப்பட்டு அமினோ அமிலக் கோடை நிர்ணயித்துள்ளனர்.

டிஎன்ஏ இரட்டித்தல் (Duplication of DNA)

வாட்சன், கிரிக் என்ற இருவர்களின் கோட்பாட்டிற்கிணங்க AG TC AC என்ற ஒரு நியூக்ளியோடைட் தொடர் வரிசைக்கு இணைவாக அமைவது TC AG TG ஆகும். இத்தொடர் வரிசை (sequence) இரட்டிக்கும் போது இடையிலுள்ள ஹைட்ரஜன் இணைவு (Hydrogen bond) உடைந்து இரு சங்கிலித் தொடர்கள் சுற்றை இழந்து பிரிந்து விடுகின்றன. ஒவ்வொரு சங்கிலியும் ஒரு வார்ப்பாக (template) மாறிப் புதிய சங்கிலித் தொடரை அமைத்துக் கொள்கின்றன. அதனால் இரு சோடிச் சங்கிலிகள் அமைகின்றன. ஆனால் முதலில் ஒரு தொடரே இருந்தது (படம் 23). இத் தொடரைப் பாக்டீரியா, ஆல்கா (algae) போன்ற உயிரிகளில் பல சோதனைகள் செய்து கண்டுள்ளார்கள். ஐசோடோப் அடையாளத் துண்டுகள் (labeled isotopes) மூலம் ஆராய்ந்தார்கள். நைட்ரஜன் (N^{15}) என்ற ஒன்றை அடையாளத் துண்டாகப் பயன்படுத்தி டிஎன்ஏயில் செறிவு ஏற்ற இறக்கத்தைக் கண்டறிந்தார்கள். 1958ஆம் ஆண்டு M. மெசல்சனும், F. ஸ்டாலும் (M. Meselson and F. Stahl) ஈ. காலை (Escherichia Coli) என்ற பாக்டீரியாவில் N^{15} அடையாளத்துண்டுடைய டிஎன்ஏயைப் பயன்படுத்தினார்கள்.

N^{15} கொண்ட வளர்ச்சி நுண்மத் தொகுதி ஊடகத்தில் பல சந்ததிகளை வளர்த்து, அந்தப் பாக்டீரியாக்களிலிருந்து டி என்ஏயை வடித்து எடுத்தார்கள், அவ்வாறு வடித்தெடுத்த டி என்ஏயில் அதிக அளவு அடையாளத்துண்டுடைய ஐசோடோப்புகள் இருக்கின்றன. அவற்றைச் சுழற்கருவி (centrifuge) மூலம் சுழற்சியில் வடிக்கும் போது சாதாரண டிஎன்ஏவைவிட அடர்த்தி அதிகமாக இருந்தது தெரிய வந்தது. இந்த N^{15} டிஎன்ஏவை N^{14} உள்ள வளர் நுண்ம ஊடகத்தில் இட்டு வளர்ச்சியைச் சோதித்துப் பார்த்ததில் கலப்பு டிஎன்ஏவில் (hybrid DNA) அடர்த்தி அதிகமாக இருந்தது. பாக்டீரியாக்கள் இரட்டிக்கும் சமயத்தில் டிஎன்ஏ சோதனைக்கு எடுக்கப்பட்டது. முதல் முறையில் N^{15} இல்லாத சமயத்தில் எடுத்த போது சம அளவு டிஎன்ஏயும், N^{14} டிஎன்ஏயும் உண்டாகி இருந்தன (படம் 30). இவர்களுடைய முடிவுகள் வாட்சன், கிரிக் மாடல் இரட்டித்தலை ஒத்தே இருக்கின்றன என்று கூறுகிறார்கள். உயர்நிலை உயிரிகளில் சோதனை செய்ததில் அவற்றின் குரோமோசோம்களும் இதையே உறுதி செய்கின்றன.

டிஎன்ஏ அமைப்பின் முக்கியத்துவம் யாதெனில் சோடியாக இணைதல் முறை நியூக்ளியோடைட்களுக்குள்ளேயே இருப்பதாகும். இதனால் ஒரு டிஎன்ஏ மாலிக்கூல் இரண்டு ஒத்த சேய் மாலிக்கூல்களை உண்டாக்குகின்றன. மரபியல் கொள்கைப்படி ஒரு செல் ஒத்த மரபு வழிப்பொருள்களை (genotype) இரு சேய்ச் செல்களுக்குப் பங்கிடுவதாகும். அதாவது ஒத்த ஜீனோடைப்புகளை உண்டாக்குதலாகும். இந்த மரபு வழிப்பொருள்கள் அல்லது டிஎன்ஏ பலதோற்ற வழிப் (pheno type) பொருள்களை உண்டாக்கக் காரணமாக இருக்கின்றன. மரபியல் விளக்கத்திற்கு (genetic information) டிஎன்ஏதான் முக்கியமாகவும் அதுவே தோற்ற வழிக்கு அடிகோலியாகவும் இருக்கிறது. இதையே ஜெனிட்டிக் கோட் தொடர் வரிசை விளக்குகிறது (படம் 25a ஜெனிட்டிக் கோட்).

ஆர்என்ஏ

ஆர்என்ஏயில் (Ribonucleic acid-RNA) பல வகைகள் இருந்தாலும் அவற்றில் மூன்றுதாம் தெளிவாக விளக்கப்பட்டுள்ளன. 1. மெசஞ்சர் ஆர்என்ஏ (Mesenger RNA or m-RNA), 2. கரையும் அல்லது மாறும் (டிரான்ஸ்பர்) ஆர்என்ஏ (solulle or transfer RNA or t-RNA) 3. ரைபோசோமல் ஆர்என்ஏ (ribosomal RNA) இம் மூன்றும் வெவ்வேறானவையே. அவற்றின் விகிதமும் வேறுபட்டதே. டிஎன்ஏயில் அடிப்படைகள் எவ்வாறு

இணைந்துள்ளனவோ அவ்வாறே ஆர்என்ஏயிலும் இணைந்துள்ளன. மூன் குறிப்பிட்டது போல் தைமீன் என்ற பிரிமிடினுக்குப் பதிலாக யூராசில் இணைந்திருக்கும். ஆகவே, டிஎன்ஏயில் மட்டும்தான் தைமீன் இருக்கிறது. ஆர்என்ஏயில் இல்லை. மெசஞ்சர் ஆர்என்ஏ 1960ஆம் ஆண்டுதான் நிலை நாட்டப்பட்டது. மெசஞ்சர் ஆர்என்ஏ ஆனது டிஎன்ஏ மூலக் கூறின் ஒரு பகுதியிலிருந்தே உண்டாகிறது. எவ்வாறெனில் தற்காலிகமாக டிஎன்ஏ மூலக் கூறின் ஒருபகுதி நீளத்திலிருந்து பிரிகிறது. பிரிந்து, அது டிஎன்ஏ யின் முறுக்கிழை ஒன்றின் எதிரில் அமைகிறது. டிஎன்ஏ முறுக் கிழையில் அடினின், தைமீன், கானின் என்றிருந்தால், ஆர்என்ஏ யில் யூராசில், அடினின், சைட்டோசின் என்று இருக்கும், மற்றும் ரைபோஸ் சர்க்கரையும் பாஸ்ஃபேட் இணைப்பும் (bond)உள்ளன. பிறகு டிஎன்ஏயில் இரு முறுக்கிழைகளும்திரும்பவும்இணைகின்றன. டிஎன்ஏ உண்டானதும் சைட்டோபிளாசத்திற்குள் அனுப்பப் படும். நியூக்ளியோலஸ் ஆர்என்ஏவைச் சேர்த்து வைப்பதாகக் கருதத் தேவையான ஆதாரமும் இருக்கிறது. ஆர்என்ஏ நியூக்ளி யோலசில் அதிகமாக இருக்கிறது. அதனுடன் குரோமோசோம் களும் இணைந்து காணப்படுகின்றன. மேலும் மைட்டோசிஸ் பிரிதலின்போது மறைந்து விடுகிறது. அவ்வமயம் டிஎன்ஏ, ஆர்என்ஏவைத் தயாரிப்பதில்லை. ஆனல் மைட்டோசிஸ் பிரிவு முடிந்தவுடன் திரும்பத் தோன்றுவதுடன் ஆர்என்ஏ தயாரிப்பும் துவங்குகிறது.

மெசஞ்சர் ஆர்என்ஏ சைட்டோபிளாசத்தில் ஒரு தடவை தான் ரைபோசோம்களுக்குப் போகிறது. ரைபோசோம்கள் புரதத்தினுலும், ஆர்என்ஏயினுலும், ரைபோசோமல் ஆர்என்ஏ யினுலும் ஆனவை. அவை சமப் பங்காகவே இணைந்துள்ளன. அவை மெசஞ்சர் ஆர்என்ஏயிலிருந்து தகவல்களை வாங்கப் பயன் படுகின்றன. மேலும் மெசஞ்சர் ஆர்என்ஏயே ஜீன் கோடைத் (gene code) தாங்கிச் செல்கின்றன என்பதற்கும் தக்க ஆதாரங் கள் உள்ளன. புரதச் சேர்க்கையில் (படம் 26) இந்த ஆர்என்ஏ முக்கியப் பங்கு கொள்கிறது.

டிரான்ஸ்பர் ஆர்என்ஏ ஆனது சிறு மூலக் கூறினுல் ஆனது. அதனுடைய மூலக்கூறின் எடையானது சுமார் 20000 முதல் 25000 வரை இருக்கும். ஒவ்வோர் அமினே அமிலத்திலும் குறைந்தது ஒரு டி.ஆர்என்ஏ இருக்கும். ஆகையால் ஒரு செல்லில் அதிக அளவு இந்த ஆர்என்ஏ இருக்கின்றது. சுமார் 90 நியூக்ளி யோட்டைட்கள் ஒரு டி.ஆர்என்ஏயில் இருந்தாலும், அவற்றில் மூன்று தாம் ஒரு குறிப்பிட்ட அமினே அமிலத்திலிருந்து ரைபோ

சோமிற்குக் கோடை (code) எடுத்துச் செல்லுகிறது. மனிதச் செல்லில் சிலவற்றில் 20 வகை அமினோ அமிலங்கள் இருப்பதாகவும், அவை 20 வகையான டி.ஆர்என்ஏ மூலக் கூறுகளைச் சைட்டோபிளாசத்தில் உண்டாக்குகின்றன என்றும் தெரிகிறது. இதுவும் மற்ற வகை ஆர்என்ஏக்களைப்போல் சக்தியை உண்டாக்குவதில் பங்கு கொள்கிறது.

பரம்பரையிலும், புரோட்டீன் சேர்க்கையிலும் நியூக்ளிக் அமிலங்களின் செயல்கள்

டிஎன்ஏயும், ஆர்என்ஏயும், பரம்பரையிலும் புரோட்டீன் சேர்க்கையிலும் செயலாற்றுவதில் ஐயமிருந்து வந்தது. ஆனால் டிஎன்ஏ மெண்டலின் பரம்பரை மூலக் கூறுகளை (ஜீன்கள்) வழி வழி அனுப்புவதில் முக்கியப் பங்கு கொள்கிறதென்றும், புரோட்டீன் சேர்க்கையில் நேரடியான குறுக்கீடுகள் மிகக்குறைவு என்றும் உணரத்தக்கதற்காலச் சான்றுகள் உள்ளன. ஆனால் ஆர்என்ஏ இதற்கு மாறான செயல்களைச் செய்கின்றன. அதாவது புரோட்டீன் சேர்க்கையில் முக்கியமாகச் செயலாற்றுவதாகவும், மரபியல் பண்புகளை எடுத்துச் செல்வதில் (தாவர வைரஸ்கள்தவிர) அவ்வளவாக இல்லை என்பதும் தெரிய வருகின்றன. டிஎன்ஏ புரோட்டீன் சேர்க்கையில் செயலாற்றுவதாகக் கொண்டாலும் கூட, ஆர்என்ஏ சைட்டோபிளாசத்தின் மூலம் பரம்பரைக் குணங்களை (பிளாஸ்மா ஜீன்கள்) வழி வழியனுப்புவதில் பங்கு கொள்ளுவதாகத் தெரிகிறது (படம் 103, 104).

சமீபத்தில் ஹாட்ச்கிஸ் (R. D. Hotchkis 1955) என்பவர் வெளியிட்ட மதிப்பாய்வுக் (review) கட்டுரையில் இவை பற்றித் தெளிவுபடுத்தியுள்ளார். டிஎன்ஏ, மரபியல் பண்புகளை வழி வழிக்கொண்டு செல்லும் பணியைச் (genetic role) செய்கிறது என்பதைக் கெரார்டும் கோகனும் (P. Gerard, 1952, S.Cohen, 1955) சுட்டிக் காட்டியுள்ளனர். டிஎன்ஏயின் மரபியல் பண்புப் பணியைப் பற்றித் தெளிவுபடுத்த ஏழுவகைக் காரணங்கள் உள்ளன. 1. பல்வேறு இனத் தோற்றங்களில் டிஎன்ஏயின் மரபியல்இனத்தனிக் குறிப்பீடு(species specificity); 2 குரோமோசோமில் டிஎன்ஏ குறிப்பிட்ட இடத்தில் காணப்படுதல் (specific localization); (உ-ம் : பூத உமிழ் நீர்ச்சுரப்பியின் பட்டைகளினுள் ஜீன்கள் காணப்படுதல்); 3. ஒவ்வொரு குரோமோசோம் செட்டிலும் டிஎன்ஏ மாறாது (constancy) காணப்படுதல்; 4. டிஎன்ஏயில் நிலையான திடீர் மாற்றச் செயல் இயக்கிகளின் (mutagenic agents) விளைவுகள்; 5. பாக்டீரியா கொல்லி

களின் (phage) இனப் பெருக்கத்தில் டிஎன்ஏயின் பங்குகள் ; 6. டிஎன்ஏயுடன் பாக்டீரியாக்களின் மாற்றமடையும் செயல் இயக்கிகளின் தனித்துவம் (identity); 7. டிஎன்ஏயின்ஒப்பீட்டுவளர்சிதை மாற்றத்தின் உறுதியான நிலை (relative metabolic stability) போன்றவையாகும். இவை பற்றி இன்றைய மரபியல் வளர்ச்சி தெளிவுபடுத்துகிறது.

டாக்டர் கொரானாவின் மரபியல் ஆய்வும் தற்கால நிலையும்

டாக்டர் ஹர் கோபிந்து கொரானா (Dr. Har Gobind Khorana) 1968ஆம் ஆண்டு கோல்டு ஸ்பிரிங் ஹார்பரில் (Cold Spring Harbor) கோடையில் நடைபெற்ற கருத்தரங்கில் (symposium) மாலிக்யூலர் உயிரியல் பகுதியில் (Molceular biology)- புதியதாக செயற்கை முறையில் தயாரித்த ஜீனைப் பற்றி வெளியிட்டார். இவர் மத்தியப் பிரதேசத்து ரெய்ப்பூரைச்சேர்ந்தவர். சுவிஸ் நாட்டு பெண்ணை மணந்து மூன்று குழந்தைகளுடன் மஸ்ஸாசுசெட்டில் பணியாற்றுகிறார். அது முதற் கொண்டு அவரும் அவருடைய சகாக்களும் அசோக்குமாரும் நப குப்தாவும் (Ashok Kumar and Naba Gupta) விஸ்கான்சின் பல்கலைக் கழகத்தில், நியூக்ளிக் அமிலச் சேர்க்கையை ஆராய்ந்து ஈஸ்டின் (yeast) அலனின் டிஆர்என்ஏயில் ஒரு ஜீனிற்கு 77 பேஸ்கள் இருப்பதாகக் கூறினர்.

இவருடைய ஆய்வு சென்ற 18 ஆண்டுகளுக்கு முன் தொடங்கியது. அவர் கேம்பிரிட்ஜ் பல்கலைக் கழகத்தில் நியூக்ளிக் அமில வேதியலில்நிபுணரான டாட்(Todd)போன்றவர்களிடம்கற்றபின், விஸ்கான்சின் பல்கலைக்கழகத்தில் சேர்ந்தார். அடிப்படை அமினோ மிலங்களைப் பற்றித் தெரிந்து கொண்டபின், பல பாலிமர்களைப் புனைவதில் ஈடுபட்டார். இம் மாதிரியான ஆய்வு 1960ல் நிகழ்ந்து கொண்டிருந்தது. ஒரு ஜீனின் அமைப்பை வெகுவாக தெரிந்து கொண்டபின் செயற்கை டிஎன்ஏயையும் தயாரித்தார். ராபர்ட் ஹோலியுடன் கார்னல் பல்கலைக் கழகத்தில் வேலை செய்து இயற்கையான நியூக்ளிக் அமிலத்தை முதன் முதலாக விளக்கிவிடை கண்டார். புரதச் சேர்க்கையில் அடாப்டராகப் (adopter) பயன்படும் சிறிய ஆர்என்ஏ மாலிக்கூலை, அமினோ அமினோ அமிலத்தில் தக்க இடத்தில் ஜெனிட்டிக் கோட் அமையுமாறு புகுத்தினர். அந்த குறிப்பிட்ட ஆர்என்ஏதான், ஈஸ்டில் அலனின் (alanine) அமினோ அமிலத்திற்குக் காரணமாக அமைந்தது.

1968ல் இவரும் ராபர்ட் ஹோலியும் தங்களுக்கு இதற்காகக் கிடைத்த நோபல் பரிசில் பங்கு பெற்றனர். டி.ஆர்என்ஏயின் அலனின் அமைப்பு நிர்ணயம், உயிரியல் படி செயல்படுத்துகிற அமினோ அமிலத்தை தயாரிப்பதற்கு அடிப்படையாக அமைந்துள்ளது' என்று ஹோலியே கூறியுள்ளார். இதுவே ஒரு ஜீனாகும்.

ஹோலி தயாரித்த டி.ஆர்என்ஏயின் (transfer RNA) அமைப்பு 77 ஆர்என்ஏ பேஸ்களைக் கொண்டது. வாட்சன், கிரிக் முன்பு கண்டுபிடித்த பேஸ்களின் இணைவு முறை விதியை இங்கு கையாண்டால் அந்த ஜீனின் தொடர் அமைப்புக் கோடை (code sequence) கண்டு கொள்வது எளிது. அறிவதற்கு எளிதாக இருந்தாலும் அதை அடைவது அவ்வளவு சுலபமல்ல.

அந்த வளரும் சங்கிலித் தொடரில் நியூக்ளியோடைட் பேஸ்களைச் சரியான முறையில் ஒரு சமயத்தில் ஒன்று என்று சேர்ப்பது மிகவும் கடினமான வேலையாகும். இது மணிமாலையில் மணிகளை ஒவ்வொன்றாக கோர்ப்பது போன்றல்ல. ஒவ்வொரு கூடுதலுக்கும் (addition) சிக்கலான இதில் வேதிய செயலெதிர்ச் செயல்கள் நிகழ்கின்றன. ஒவ்வொரு நிலையிலும் சில தொடர்புகள் நீங்கப்படுகின்றன (loses). இக் கருத்தரங்கு கூடுவதற்குள்ளாக (1968) கொரானாவும் அவருடைய கூட்டாளிகளும் 20 யூனிட்டுகள் கொண்ட இரு சங்கிலிகளை இம் முறையில் தயாரித்துவிட்டனர். ஆனால் அவர்கள் கையாண்ட முறைக்கு பதில் வேறு வழியில் செயற்பட வேண்டும் என்றும் பிறகு அவர்களுக்குத் தெரியவந்தது.

விஸ்கான்சினின் இக் கூட்டு ஆராய்ச்சியில் டிஎன்ஏயின் முக்கிய குணமான வார்ப்பாகப் பார்த்தல் முறையைக் (template) கையாண்டு உரிய முறுக்கிழையாலான இரட்டைத் திருகுச் சுழலை அமைத்தனர். இரு டிஎன்ஏ செக்மெண்டுகளை ஒன்றாக இணைக்க என்சைம் பயன்படுகிறது என்ற கண்டுபிடிப்பும் அவர்களுக்கு உதவியது. இதற்கு அவைகள் ஒன்றிற்கு ஒன்று இசைவான முறையில் வார்ப்பாக அமைந்திருக்க வேண்டும். இதே என்சைம் தான் 1967ல் ஆர்தர் கோரன்பர்க் கண்டுபிடித்த சோதனைக் குழாய் சேர்க்கை முறையில் (test tube synthesis) உருவாக்கிய செயற்படுத்துகிற டிஎன்யுஏம் செய்யப்பட்டது. இவர் கோல்ட் ஸ்பிரிங் ஹார்பர் கருத்தரங்கில் வெளிப்படுத்திய செய்முறையை 'ஒட்டிக் கொள்ளும் முனை' முறை (sticky end technique) என்று விளக்கினார்

```
C-G-A-G-G-G-A-A-T-C
        +
G-C-T-C-C
        ↓
C-G-A-G-G-G-A-A-T-C
| | | | |
G-C-T-C-C
        +
        C-T-T-A-G-C-A-T-G-G
        ↓
C-G-A-G-G-G-A-A-T-C
| | | | | | | | | |
G-C-T-C-C-C-C-T-T-A-C
        ↓ இணைக்கும் என்சைம்
C-G-A-G-G-G-A-A-T-C-+-G-T-A-C-G-C-T-C-T-C
| | | | | | | | | | | | | | | | |
G-C-T-C-C-C-T-T-A-G - C-A-T-G-G
        ↓
C-G-A-G-G-G-A-A-T-C-T-A-C-C-C-T-C-T-C
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
G-C-T-C-C-C-T-T-A-G-A-T-G-G-G-A-G-A-G
        ↓ இணையும் என்சைம்
        etc. etc.
```

சுமார் 10 யூனிட்டுகள் கொண்ட செக்மெண்ட் டிஎன்ஏவை இணைக்கும் முறையை மேலே காட்டியுள்ள படம் விளக்குகிறது. ஒவ்வொரு செக்மெண்டிலும் தொங்கிக் கொண்டிருக்கும் ஒட்டிக் கொள்ளும் முனை அடுத்ததில் சரியாக பொருந்த வேண்டும். இணைக்கும் என்சைம்களே இவைகளை சரியாகப்பொருத்துகின்றன. ஈஸ்ட்டின் அலனின் டி.ஆர்என்ஏ ஜீனில் ஒரு டிஎன்ஏ இருக்கிழையான 15 தனிப் பிரிவுகளை (section) கொரானா கையாண்டார். அப் பிரிவுகளில் 8 முதல் 20 வரை நியூக்ளியோடைட் யூனிட்டுகள் இருந்தன.

அவர் தயாரித்த அலனின் டி.ஆர்என்ஏ ஜீனில் அவர் எண்ணிய படிதான் உள்ளது என்று எவ்வாறு அவர் அறிந்து கொண்டார்? அது அவருக்கே விளங்காத ஒன்றாகும். ஆனால் இரட்டை இருக்கிழை வேதியற் சோதனை மூலம், பகுத்தறிந்ததில் அம் மாலிக்கூலில் அதை தயாரித்து விட்டதாகக் கண்டார். அது ஜீனுக்கு

ஒத்ததா? அந்த குறிப்பிட்ட டி.ஆர்என்ஏ கோடை செயலாற்றச் செய்தால் தான் அதுதானா என்று கண்டு கொள்ள முடியும்.

இதற்காக இரு வழிகளில் அவர் அதை அணுகினார்.

1. ஒரு துண்டு ஆர்என்ஏ உள்ள, சோதனைக் குழாயில் தான் கண்டுபிடித்த ஜீனைப் பயன்படுத்தி சேர்க்கை செய்ய இயக்கினார்.

2. மற்றொரு சோதனைக் குழாய் சோதனையினால் அதைப் பயன்படுத்தி புரதம் தயாரிப்பதில், அது ஒழுங்காக செயல்படுகிறதா என்று கவனித்தார். அப் புரதச் சேர்க்கையில் உண்மையான (real) அலனின் டி.ஆர்என்ஏ தேவைப்படுகிறதா என்பதை அறிந்து கொள்வது மிகவும் கடினமான செயலாகும்.

இதனால் ஈ. காலை பாக்டீரியாவில் 85 யூனிட்டுகள் கொண்ட மற்றொரு ஜீனை உருவாக்குவதில் முயன்றார். இந்த ஜீனிற்காக மற்றொரு டி.ஆர்என்ஏவை மாறிய முறையில் கோட் செய்ய முயற்சித்தார். இந்த டி.ஆர்என்ஏவிற்கு டைரோசின் சப்ரசர் டிரான்ஸ்பர் ஆர்என்ஏ (tyrosine suppressor transfer RNA) என்று பெயர். இந்த மியூட்டண்ட்டான ஈ.காலையில் புரதத்துடன் டைரோசினைச் சேர்க்க வேண்டி நேர்ந்தால் இப்புதிய டி.ஆர்என்ஏ தேவைப்படுகிறது. இதனால் புரதம் தயாரிக்காத ஒரு மியூட்டண்ட் வகை சோதனைக் குழாய் முறையில் (test tube system) தயாரிக்க நேர்ந்தது. அதில் இப் புதிய சப்ரசர் டி.ஆர்என்ஏவை சேர்த்து அப் புதிய ஜீன் மூலம் அச் சேர்க்கையைச் செய்தார். தற்போது அந்த முறையில் புரதம் தயாரிக்க முடிந்தால், அவர் கண்ட ஜீன் உயிரியல்படி சரியானதாகும்.

கொரானாவின் வெற்றி எதைச் சுட்டிக் காட்டுகிறது? மாலிக்கூலர் உயிரியிலில் (Molecular Biology) இது டி.ஆர்என்ஏ செயலின் ஆய்வில் முக்கிய பங்கு பெறும். டி.ஆர்என்ஏயின் செயல்கள் பற்றி முக்கியமான வாதங்கள் நிறைந்திருக்கும். இந் நாளில் இது பெரிதும் பயன்படும். அவைகள் எவ்வாறு பொருத்திக் கொள்கின்றன என்பதும் எதிர்காலத்தில் விளக்க முடியும். மரபியற் பொறியியல் (genetic engineering) உண்மை நிலையை அடைவதற்கு இன்னும் வெகு தூரம் செல்ல வேண்டி இருக்கிறது என்று கொரானா கூறுகிறார். ஜீனை செயற்கை முறையில் சேர்க்கவும், திறமையாகக் கையாளவும் முடிந்தால் நாம் அந் நிலைக்கு அருகில் வந்து விட்டோம் என்று கூறுகிறார்.

கொரானு மட்டும் இம் முயற்சியில் ஈடுபடுகிருர் என்றில்லை. ஒட்டாவாவில் வேலை செய்யும் நரங் (S. A. Narang) என்பவரும் (இவர் முதலில் விஸ்கான்சினில் வேலை செய்தவர்) தீர் (S. K. Dheer) என்பவரும், ஜீன் சேர்க்கையில் முயன்று கொண்டிருக்கிருர்கள். இவர்கள் 69 நியூக்ளியோடைட் நீளமுள்ள இன்சுலினின் புரதச் சங்கிலியின் கோடை (code) நிர்மாணிப்பதில் ஈடுபட்டுள்ளனர். கொரானுவின் செய்முறை நுட்பம் (technique) சிறிது காலத்தில் மற்ற ஆய்வுக்கூடங்களில் இடம் பெருது போனுலும் ஆச்சரியப்படுவதற்கில்லை. டாக்டர் (மிஸ்) இக்கோ ஒட்சுகா (Dr (Miss) Eiko Otsuka) டோக்கியோவில் விரிவுரையாளராகப் பணிபுரிகிருர். இவரும் அலனின் டி.ஆர்என்ஏவின் மற்ருெரு வகையைக் கண்டுபிடித்தார். இதற்கு 'கேரியர் ஆர்என்ஏ' (carrier RNA) என்று பெயரிட்டால் இது மனித செல்களில் அமினே அமிலத்தை சுமந்து சென்று புரதம் தயாரிக்கிறது என்று விளக்கினர். கொரானு கண்டுபிடித்ததில் மூன்று நியூக்ளியோடைட் இணைவு (link) தான் உண்டென்றும், இவர்கள் கண்டுபிடித்ததில் ஆறு நியூக்ளியோடைட்கள், முறையான செல்களில் காண்பது போன்று இருப்பதாகவும் கூறினர். இதுவே முதன் முதலாகக் கண்ட வேதிய முறைப்படி இணைந்த நியூக்ளியோடைட் ஆகும். இவ்வம்மையார் 63-67 வரை கொரானுவின் கீழ்பயின்றவர். ஒட்சுகாவின் சகாக்கள், ஒரு பாஸ்பாரிக் அமிலபேஸை செயற்கை முறையில் தாக்கி அந் நியூக்ளியோடைட்டைத் தாக்கினர். மூன்று நியூக்ளியோடைட்களுக்கு மேல் இணைந்து இருப்பதில்லை என்றும் அதன் இணை சோடி (coupling partner) உடன் இருப்பதாகவும் கூறினர்.

கொரானுவின் ஆய்வைத் தொடர்ந்தார் போல் நியூயார்க் பல்கலைக் கழக மருத்துவப் பள்ளியைச் சேர்ந்த ஜெரால்டு வீஸ்மன்னும் கிரேசியா செஸ்சாவும் (Gerald Weissman and Grazia Sessa) லைசோசைம்களின் செயல்களை பிரதிபலிக்கும் மாடல் சிஸ்டம் (model system) ஒன்றைத் தயாரித்தனர். செல்லின் பைபோன்ற லைசோசைமினுள் மற்ற பொருட்களுடன் என்சைமும் (enzyme) லைசோசைமும் (lysozyme) இருக்கின்றன. அவர்களின் முயற்சி செல்லுறுப்பின் (organelle) செயலை ஒத்தாற் போல் மாடல் செய்து காட்டுவதே. அவ்வாறே கேம்பிரிட்ஜைச் சேர்ந்த (1965) அலெக் பென்காம் (Alec Bangham) என்பவர் லிப்போசோமின் மாடல் ஒன்றைச் செய்தார். லிப்போசோமை 'தற்கொலைப் பை' (suicide bag) என்றும் கூறுவர். ஒரு செல்லில் லிப்போசோம் ஒரு சவ்வு போன்றும், அதன் அமைப்பு பாஸ்போலிப்பிட்கள் பெருப்பதைப் பொருத்தும் இருக்கிறது. அந்

சவ்வுப் பையில் சில அயான்களும், மாலிக்கூல்களும் அகப்படு கின்றன. வீஸ்மன், பென்காமுடன் சேர்ந்து செயலாற்றும் போது லிப்போசோம்களும், லைசோசோம்களும் ஒத்து இருப் பதைப் பார்த்து வியப்புற்றார்.

செல்லில், லைசோசோம்கள், என்சைம் லைசோசைமை (enzyme lysozyme) தன்னுள் வைத்துக் கொள்கின்றன. இந்த என்சைம் லைசோசைம் புரதத்தை சீரணிக்கும் தீவிர ஆற்றல் பெற்றது. நுண்ணுயிர்களை அழிக்க இந்த என்சைம் பயன்படு கிறது. ஆனால் லைசோசோம் தனித்து விடப்பட்டால், அந்த செல்லையே கொன்று விடும். இந்த லைசோசைமைப் போல் ஒரு மாடல் தயாரிக்க வீஸ்மன் பென்காமின் லைசோசைமுடன் சேர்த்து முயன்று கொண்டிருப்பதாகத் தெரிகிறது. ஆனால், அவர் செஸ்சாவுடன் சேர்ந்து சில வகை கொலஸ்ட்ரால் (choles-trol) சேர்க்கைகளுடன், லிப்போசோம்களைத்தயாரித்துக் கொண் டிருப்பதாகவும் தெரிகிறது. இதனுள் லைசோசைம், குளுகோஸ் இரண்டும் இருக்கின்றன. லிப்போசோம்கள் முழுமை கெடாத நிலையில் (intact) லைசோசைம்கள் ஒரு செயலையும் வெளிப்படுத்து வதில்லை. ஆனால் அவைகளை உடைத்த பின் என்சைமின் செயல் வெளிப்படுகிறது.

ஒரு செல்லின் செயலை மாடல் மூலம் வெளிப்படுத்த முடியு மானால், அதுவே அவைகளை அறியும் கருவியாகும். வீஸ்மனின் வெற்றி லிப்போசோம்களில் ஆய்விற்கு மிகவும் பயன்படும். இவ் வெற்றியே க்ளோமட்டோகாண்ட்ரியா போன்ற மற்ற உறுப்பு களுக்கும் மாடல் செய்ய ஊக்குவிக்கும் என்பதில் ஐயமில்லை.

6. மெண்டலிசமும் அதன் தற்கால நிலையும்

(Mendelism and its Present Position)

கிரிகர் ஜான் மெண்டல் (Gregor Johann Mendel-1822-1884) என்பவர் ஆஸ்ட்ரியா நாட்டின் பிரன் என்ற நகரில் (பிரனோ, செக்கோஸ்லோவேகியா) பிறந்தார். மரபியலுக்கு வித்திட்ட காரணத்தால் இவரை 'மரபியலின் தந்தை' (Father of Genetic) என்று கூறுவதுண்டு. அவருடைய தந்தையாரும், பழத் தோட்டங்கள் வைத்து அதிக அனுபவமுள்ளவராகையால் மகனும் அவ் வழியைப் பின்பற்றலானார். இவர் கலப்பு விதைகள் (hybridization) உண்டாக்க முற்பட்டார். பீன்ஸ், பட்டாணி, அவரை, பூசணி போன்ற பல தாவரங்களையும், சில வீட்டு மிருகங்களான சுண்டெலி போன்றவற்றையும் தம் ஆராய்ச்சிக்குப் பயன்படுத்தினார். அவர் தங்கி இருந்த துறவி மடத்தில் அவர், தோட்ட அவரையில் (garden pea) 1856 முதல் 1864 வரை சில சோதனைகள் நடத்தினார். இந்தச் செடி ஓர் ஆண்டுக் காலமே உயிர் வாழ்வதாலும், எளிதில் கையாள முடிவதாலும், விதைகளும், பூக்களும் தெளிவுடைய குணங்களைப் பெற்றிருப்பதினாலும் அவர் இந்தச் செடியைப் பயன்படுத்தினார். மேலும் ஆண், பெண் இனவிருத்தி உறுப்புக்கள் ஒரே பூவில் இருப்பதினாலும் இதைத் தேர்ந்தெடுத்தார். தன் அல்லது அயல் மகரந்தச் சேர்க்கையை எளிதில் உண்டாக்க முடியும். முதன் முதலில் கலப்பு முறையில் (ஹைபிரிடைசேஷன்) சோதனை நடத்தியவர் இவர் அல்லர் என்றாலும் அம் முறையில் கிடைத்த முடிவுகளைக் கொண்டு ஒரு சமயத்தில் ஒரு தனிக் கூறுதான் (டிரெயிட் - trait) நிரந்தரமாகும் என்பதை நிலை நிறுத்தினார்.

குறித்த ஏழு வகையான வேறுபடும் பண்புடைய தனிக் கூறுகளை (டிரெயிட்) அவர், தம் சோதனைப் படிப்பிற்கு எடுத்துக் கொண்டார். அவற்றில் முக்கியமானவையாவன.

1. தண்டு (stem) உயரமாகவோ (tall), குட்டையாகவோ (short) இருத்தல்.

2. விதையிலைகள் - காட்டிலிடன்கள் (cotyledons) மஞ்சள் (yellow) அல்லது பச்சை (green) நிறமாக இருத்தல்.

3. விதைகள் (seeds) உருண்டையாகவோ (round) சுருங்கியோ (wrinkled) இருத்தல்.

4. பூக்கள் (flowers) நுனியிலோ (terminal), பக்கத்திலோ (axial) இருத்தல்.

5. விதைகளின் உறை (seed coat) வெள்ளையாகவோ (white) சாம்பல் நிறமாகவோ (grey) இருத்தல்.

இவர் அயல் மகரந்துச் சேர்க்கையை (cross pollination) செய்யும் போது வெகு கவனத்துடன் தன் (சுய) மகரந்தச் சேர்க்கை ஏற்படா வண்ணம் செய்தார். இதனால் எடுத்துக் கொண்ட பண்புகளுக்கேற்பக் கூறுபடுத்த முடிந்தது. மேலும் தாய், தந்தை விதைகளுடன் பின் கலவி (back cross) செய்ய முடிந்தது. இவற்றிலிருந்து கிடைத்த முடிவுகளைக் கொண்டு மெண்டல் சில விதிகளை நிர்ணயித்தார். அவ்வாறு கண்டறிந்த விதிகளை 1865ஆம் ஆண்டு, தாவரக் கலப்பு முறைச் சோதனைகள் (Experiments in Plant Hybridization) என்ற தலைப்பில், பிரன் இயற்கை வரலாற்றுச் சங்கத்தில் (Bren Natural History Society) வாசித்தார். அடுத்த ஆண்டு அவை அச் சங்கத்தின் வெளியீட்டில் அவருடைய முடிவுகளிலிருந்து கண்டறிந்த விதிகள் விளக்கப்பட்டிருந்தனவேயன்றிச் சோதனைத் திட்டம், செய்திக் குறிப்புகள் (data) யாவும் கொடுக்கப் படவில்லை தாம் எவ்வாறு அம்மாதிரியான விதிகளைக் கண்டறிந்தார் என்பது அதில் திட்ட வட்டமாக விளக்கப்படவில்லை, ஆனால் அவர் எழுதிய கடிதங்களிலிருந்து பல உண்மைகள் வெளியாயின. இருந்தாலும் அவருடைய முடிவுகளில் சில கேள்விகளுக்கு விடை காணமுடியாதிருந்த நிலை, இன்று தெளிவுபடுத்தப்பட்டுள்ளது. அவருடைய சோதனைகள் யாவும் சுமார் 30 ஆண்டு வரை கவனிப்பாரற்று இருந்தன. ஹாலந்து நாட்டு ஹூகோ டீ விரிஸ் (Hugo de Yries) என்பவரும், கார்ல் கொரென்ஸ் (Carl Corens) என்ற ஜெர்மானியரும், எரிக் ட்செர்மாக் (Erich Tschermark) என்ற ஆஸ்ட்ரியா நாட்டவரும் தனித் தனியே செய்த சோதனைகளின் பயனாக, மெண்டல் கண்டறிந்த முடிவிற்கே 1900 ஆம் ஆண்டு வந்தார்கள். மூவருடைய சாதனை

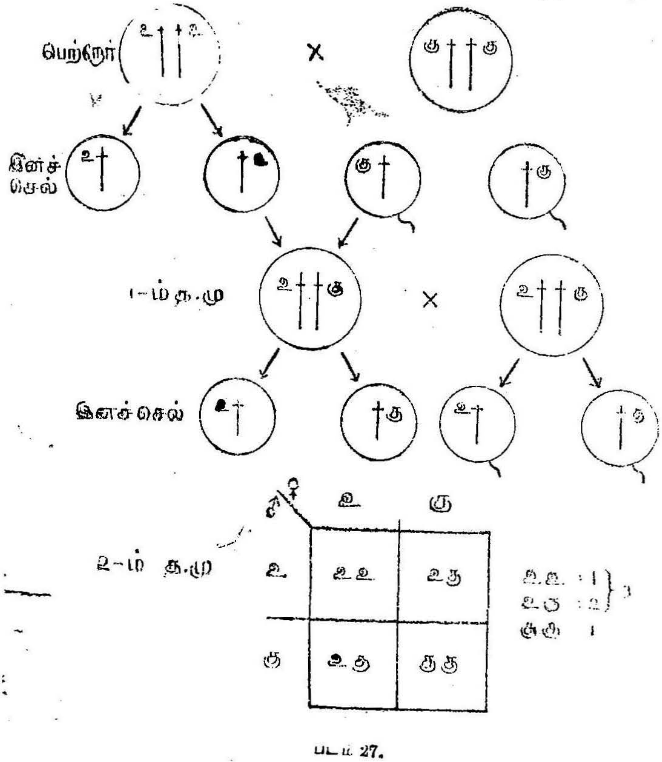
களும் வெளியிடப்பட்டன. இவ்வாருக மூன்று அறிவியல் விஞ்ஞானிகள் அவற்றை வெளியிட்டு அவற்றின் முக்கியத்துவத்தையும் விளக்கினுர்கள்.

மெண்டலின் சோதனைகளும் விதிகளும்

முதல்விதி: பிரிதல் நியதி (Law of Segregation)

சோதனைக்குப் பட்டாணி (Pisum Sativum) என்ற செடியை அவர் எடுத்துக் கொண்டார். அவர் ஒரு வகைக் குணங்களைப் பற்றியே ஆராய்ந்தார். அவர் எடுத்துக் கொண்ட உயர்ந்த செடியின் உயரம் 6 அல்லது 7 அடி ஆகும். குட்டையான செடியின் உயரம் 9 முதல் 18 அங்குலம் வரையாகும். ஒரு குறிப்பிட்ட சூழ்நிலையில் வளர்ந்த செடிகளில் உயர்ந்த செடிகள் (tall plants) உயர்ந்த செடிகளையும், குட்டையான செடிகள் (dwarf plants) குட்டையான செடிகளையும் உண்டாக்குவதைப் பார்த்தார். குட்டையானது உயர்ந்த செடியாக மாருமல் இருந்ததையும் பார்த்தார். ஒரு சோதனையில், மெண்டல் தனித்தனியாகப் பயிரிட்ட செடிகளிலிருந்து உயர்ந்ததாகவும், குட்டையானதாகவும் (parents-P), குறுக்கு அல்லது அயல் மகரந்தச் சேர்க்கை முறையில் பயிரிட்டதில் 1ஆம் தலை முறைகள் அனைத்தும் (F_1) உயர்ந்தவையாகவும் காணப்பட்டன. ஆனுல், இந்தக் கலப்பு அல்லது ஹைபிரிட் (hybrid) உயர்ந்த செடிகளைத் தன் மகரந்தச் சேர்க்கையில் முறையில் (selfed) கருத்தரிக்கச் செய்து அவற்றிலிருந்து உண்டாகும் சந்ததிகளைக் கவனித்ததில் 2ஆம் தலை முறையில் (F_2) முன் காணப்படாததனிக்கூருன குட்டைவர்க்கம் உருபபவும் தோன்றுவதைக் கண்டார். அவற்றில் சில குட்டையாகவும், சில உயரமாகவும் வளர்ந்தன. மொத்தத்தில் தோன்றிய 1064 (F_2) பேரன் செடிகளில் அல்லது இரண்டாம் தலைமுறை செடிகளில 787 உயர்ந்தவையாகவும், 277 குட்டையானவையாகவும், (2·96 tall: 1·04 dwarf) இருந்தன. முடிவாகக் கிடைத்துள்ள செடிகளும், கணக்கிட்ட முறையில் கிடைத்த செடிகளும் ஒத்தே இருந்தன. இக் கணக்கின்படி பார்த்தால் 798 உயர்ந்தவையாகவும், 266 குட்டையானவையாகவும் இருக்க வேண்டும். மேற்கூறிய முடிவும் இவையும் ஒத்தே 3:1 என்ற விகிதத்தில் இருக்கின்றன. இம் முறைச சோதனைக்கு மாறுபடும் ஒரு வகைக் குணங்களை மட்டும் எடுத்துக் கொண்ட காரணத்தால் ஒற்றைக் கலப்பு அல்லது ஹைபிரிட் விகிதம் (monohybrid ratio) என்று பெயர். இதையே விளக்கப் படம் மூலம் (படம் 27) சுருக்கமாகக் கூறலாம். குரோமோசோம்களினுள் ஜீன்கள் குறிக்கப்பட்டுள்ளன.

மேற்கூறிய சோதனையிலிருந்து 2ஆம் தலைமுறையில் மொத்தமுள்ள நான்கு பங்கில் மூன்று பங்கு உயர்ந்த செடிகளும், ஒரு பங்கு குட்டையான செடிகளும் (3 : 1) உண்டாகின்றன. இவற்றில் தோற்ற வழி அமைப்பு (phenotype), மரபுவழி அமைப்பு (genotype) என்ற இரு புதுச் சொற்களும் நமக்குத் தெரிய வருகின்றன. தோற்றத்தில் நான்கில் 3 உயர்ந்த செடிகளி



படம் 27.

மெண்டலிசம் : பிரிதல் விதி விளக்கம்.

லிருந்தாலும், மரபு வழியைப் பார்க்கும் போது அவற்றில் இரண்டு வகைகள் இருக்கின்றன. அதாவது உஉ (TT) என்பதும் உகு (Tt) என்பதுமாகும். குட்டையான செடிகளுக்கு மரபுவழி யமைப்பு குகு (t*) ஆகும்.

இவ்வாறு பிரிவதைத்தான் பிரிதல்விதி (Law of Segregation) என்று கூறினர். இதற்கு ஒற்றைக் கலப்பு விகிதம் (monohybrid ratio) என்று பெயர். குறிப்பிட்ட குணங்களுக்குரிய (மெண்டல் அன்று ஃபேக்டர்கள் - factors என்று கூறியுள்ளார்.) ஜீன்கள் 2-ஆம் தலைமுறையில் 3 : 1 அல்லது 1 ; 2 : 1 என்ற விகிதத்தில் பிரிவதே முக்கியமாகும். மேற் குறிப்பிட்டுள்ள படத்தில் உ (T), கு (t) என்பவை ஜீன்களைக் குறிக்கின்றன. இனச் செல்கள் ஒன்று சேர்ந்து கரு முட்டை அல்லது சைகோட் (zygote) என்ற ஓர் உயிரியை உண்டாக்கியப்பின் அதிலிருந்துஇனச் செல்கள் உண்டாவதை விளக்கியிருக்கின்றன. வட்டங்கள் முதிர்ந்த இனச் செல்களான விந்து அல்லது அண்டத்தைக் குறிக்கின்றன. அதனுள் குரோமோசோம்கள் உஉ (TT) அல்லது கு (t) அல்லது குகு (tt) என்ற ஜீன்களை எடுத்துச் செல்வதாகக்குறிக்கப்பட்டிருக்கிறது. உஉ (TT), குகு (tt) என்ற இவ் விரண்டும் ஒத்த ஜீன்களைக் கொண்ட கரு முட்டையும், உகு (Tt) என்பது ஒவ்வா ஜீன்களைக் கொண்ட கரு முட்டையும் குறிக்கின்றன. முன்னதற்கு ஹோமோசைகஸ் (homozygous) என்றும், பின்னதற்கு ஹெட்டிரோசைகஸ் (heterozygous) என்றும் பெயர். வெளித் தோற்ற அமைப்பில் குணங்கள் தெரிவதற்குத் தோற்ற வழி அமைப்பு அல்லது ஃபினோடைப் (phenotope) என்றும், அக் குணங்களுக்குக் காரணமாக உள்ள ஜீன்களுக்கு மரபுவழி அமைப்பு அல்லது ஜீனோடைப் (genotype) என்றும் பெயர்.

மேற்கூறிய உயரம், குட்டை என்ற வெளித்தோற்ற அமைப்பிற்குத் தோற்ற வழி அல்லது பினோடைப் என்றும், அவற்றிற்குக் காரணமாக உள்ள ஜீன்களான T,t சேர்க்கைகளுக்கு மரபுவழி அல்லது ஜீனோடைப் என்றும் பெயர். மற்றும் எழுத்துவடிவங்கள் யாவும் மரபுவழியைக் குறிக்கின்றன. தோற்ற வழிக்குக் காரணமான இரு ஜீன்கள் ஒன்றுடன் ஒன்று சேர்ந்து பங்கு கொள்ளுவதற்கு அல்லீல்கள் (alleles or allelomorphs) என்று பெயர். மேற் கூறிய கு (t) என்ற ஜீன் உ (T) என்பதன் அல்லீலாகும். அம் மாதிரியே உ (T)யும் கு (t)யின் அல்லீலாகும். உ (T) ஜீன்களுக்கு ஓங்கிய அல்லீல்கள் (dominant alleles)என்றும், கு (t) ஜீன்களுக்கு ஒடுங்கிய அல்லீல்கள் (recessive alleles) என்றும் பெயர். ஓங்கிய அல்லீல்களின் குணங்கள் தாம் வெளிப்படையாகத் தெரியும். ஒடுங்கிய அல்லீல்கள் ஒன்று சேரும் போது அவற்றின் குணங்கள் தெரியும். ஒடுங்கிய அல்லீல் ஓங்கிய அல்லீலுடன் வந்தால் உகு (Tt) ஓங்கியதின் குணம்தான் தெரியும். இதற்குக் கலப்புயிரி அல்லது ஹைபிரிட் (hybrid) என்று பெயர்.

மெண்டலின் சோதனைகளின் முடிவுகள்

குணங்கள்	2ஆம் தலைமுறைகள்		விகிதம்
விதைகள் அமைப்பு	5474 உருண்டை	1850 சுருங்கின	2·96:1
விதை இலை நிறம்	6022 மஞ்சள்	2001 பச்சை	3·01:1
விதை உறை நிறம்	705 சாம்பல்	224 வெள்ளை	3·15:1
விதைப் பைகளின் அமைப்பு	882 உப்பிய	229 ஒடுக்கிய	2·95:1
விதைப் பைகளின் நிறம்	428 பச்சை	152 மஞ்சள்	2·82:1
பூக்களின் இருப்பிடம்	651 பக்கத்தில்	207 நுனியில்	3·14:1
தண்டின் நீளம்	787 நீளம்	277 குட்டை	2·84:1
எல்லா குணங்களும் சேர்த்துக் கணக்கிடல்	14889 ஓங்கிய	5010 ஒடுங்கிய (அல்லது)	2·98:1 3 : 1

சோதனைக் கலவி-புணர்ச்சி

(Test Cross or Back Cross)

மேற்கூறிய விகிதம் சரியானதவரு என்று கண்டறிய 1 ஆம் தலைமுறைத்தாவரத்தை ஒடுங்கிய அல்லீல் பெற்றோர்களுடன் கலவி செய்தால் அதிலிருந்து உண்டாகும் மரபுக்கொழுந்து களின் அல்லது இளங்கன்றுகளின் (offspring) விகிதம் 1:1 என்று இருக்கும்.

மெண்டலின் சோதனைகளில் சில மேற்கூறிய உண்மைகளை விட்டு விலகித்தோன்றுகின்றன. ஓங்கும் அல்லீல்கள் ஒடுங்கும் அல்லீல்கள் 3:1 என்ற விகிதத்தில் இருந்தாலும் சில புதிய குழப் பங்கள் உண்டாயின. உதாரணமாக மிராபிலிஸ் ஜல்பா (Mirabilis Jalapa) என்ற செடியின் பூக்களில் சிவப்பு (red), வெள்ளை (white) என இருவகைகள் உண்டு. இவ்விரண்டையும் சேர்த்து மகரந்தச் சேர்க்கை செய்தால் இளஞ்சிவப்பு (pink) நிறப்பூக்கள் (F_1) உண்டாகின்றன. இங்கே ஓங்கும் அல்லீல்

தன்னுடைய முழுநிறத்தையும் காட்டமுடியவில்லை. ஆனால் தன் மகரந்தச் சேர்க்கை செய்யும் போது 2ஆம் தலைமுறையில் (F_2) இளம் (மரபுக்) கொழுந்துகள் 1 சிவப்பு : 2இளஞ்சிவப்பு:1வெள்ளை என்று தோன்றலாயின. மெண்டலின் விகிதம் அப்படியேதோன்றி னாலும், இங்கு ஓங்கும் அல்லீலின் தன்மையான சிவப்பு முழு வதும் காணப்படவில்லை. இங்கு இரு நிறங்களும் கலந்து விட்ட தாகத் தோன்றினாலும் கூடச்சிவப்பு வேறு வெள்ளை வேறு என்று திரும்பவும் பிரிக்கப்படுவதால் இரு நிறங்களும் ஒன்றாகக் கலக்க வில்லை என்றே தெரிகிறது. கலப்பினம் அல்லது ஹைபிரிட் இளஞ் சிவப்பாக இருப்பதால் இரு சுத்த இனச்செல்கள் (red W and white w) உண்டாகின்றன. 2 ஆம் தலைமுறையில் சிவப்பு (W) வெள்ளை (w) என்ற இரண்டும் உண்டாவதுடன் இளஞ்சிவப்பும் (Ww) தோன்றுகிறது. இவை F_2ல் சுத்தமாகப் பிரிவதால் ஒன்று சேரவில்லை என்றே தெரிகிறது. ஆகையால் ஓங்கும் அல்லீல்கள் தன்மை ஒடுங்கும் அல்லீலின் தன்மையை வெளிப்படுத்தாது அடக்கி வைக்க முடியவில்லை. ஆகவே இடைநிலையான நிறம் (pink) தோன்றுகிறது. கினி பன்றி (guinea pig)சோதனைகளிலும் கறுப்பு (black), வெள்ளை (white) நிறங்களுக்கிடையில் சாம்பல் (grey) நிறப் பன்றிகளும் தோன்றுகின்றன.

ஓங்கும் அல்லீலின் முக்கியத்துவம்

நடைமுறையில் நாம் அறிவுக் கூர்மையுள்ளவர்களையும் (intelligent persons)) அறிவிலிகளையும் (மட்டி-idiots) பார்க் கிறோம். இரண்டாவதாகக் கூறப்பட்டதற்குப் பல காரணங்கள் இருந்தாலும் ஒடுங்கும் அல்லீல் (ஜீனக) இருக்க நேரிட்டால் பல தலைமுறைகளுக்குக்கூடத் தெரியாமல் இருக்க வாய்ப்புண்டு. சாதாரண மனிதனின் (normal man) அல்லீல் + என்றும், மட்டி யின் அல்லீல் (i) என்றும் கொள்வோம். ஹைபிரிட் மனிதனாக (+/i genotype) ஒருவன் இருந்தால் அவன் சுத்த அல்லீல் உள்ள பெண்ணை மணந்தால் (+/+) அவர்களுக்குப் பிறக்கும் குழந்தை கள் யாவரும் இயல்பானபொதுநிலையில் (normal) காணப்படுவார் கள். அதாவது i/+ × +/+ பெற்றோர்களிலிருந்து 1 i/+ : 1 +/+ என்ற மரபுக் கொழுந்துகள் உண்டாகின்றன. ஆனால் ஆண் +/+ ஆகவும் பெண i/+ ஆகவும் இருந்தாலும் 1:1 என்ற விகிதத் திலேயே சந்ததிகள் வரும். இருவரும் i/+ என்ற ஹைபிரிட் களாக இருந்தால் அவர்களுக்குப் பிறக்கும் குழந்தைகள் 1 +/+ : 2 i/+ 1i/i (அல்லது 3 normals: 1 Idiot) என்ற விகிதத்தில் இருப் பார்கள். இதனால் தங்கள் பரம்பரையில் எங்காவது மட்டி ஜீன் (i)

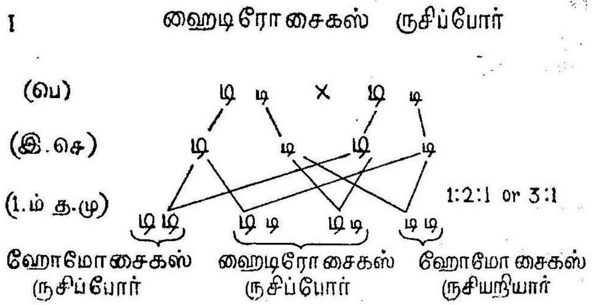
இருந்தால் அவர்களுக்கு மட்டிக்குழந்தை பிறக்க வாய்ப்பிருக்கிறது என்று விளங்குகிறது.

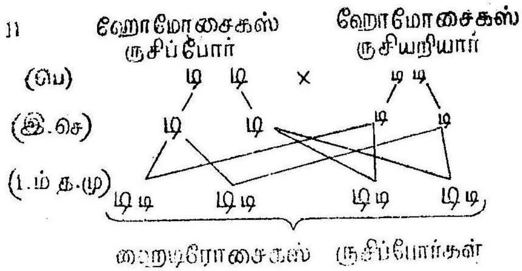
மெண்டலின் முதலாம் விதிலயச் செயல்படுத்துவதற்கு ஓர் எடுத்துக்காட்டு:

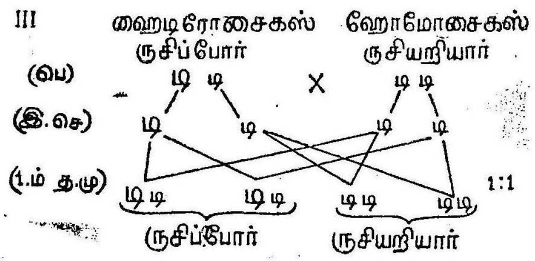
மனிதர்களிடத்தில் வெளிப்படையாகக் கண்டுகொள்ளக் கூடிய ஒடுங்கும் இனங்களில் ஒன்று ஃபினைல் தையோ கார்பமைட் (Phenyl Thiocarbamite (PTC) or Phenyl Thio Urea) பி.டி.சி. ஆகும். இது நாக்கில் பட்டால் கசப்பாக இருக்கும். இக்கசப்புக் குணம் ஒரு சிலராலேயே காணமுடியும். மற்றவர்களால் காண முடியாது. இதற்கு (P.T.C) சோதனை என்று பெயர்.

திருமண வகைகள்	எதிர்பார்க்கும் குழந்தைகளின் மரபு வழியமைப்பு	தோற்ற வழி யமைப்பு
டிடி × டிடி (TT) × (TT)	டிடி (TT)	ருசிப்போர் (Taster)
டிடி × டிடி (TT) × (Tt)	டிடி டிடி (TT), (Tt)	ருசிப்போர்
டிடி × டிடி (TT) × (tt)	டிடி, டிடி (Tt), (Tt)	ருசிப்போர்
டிடி × டிடி (tt) × (tt)	(tt) டிடி	ருசியறியார் (Non-taster)

இக் குணத்தைக் கண்டுகொள்ள முடிகிறவர்களிடத்தில் ஓங்கும் ஜீன் இருப்பதேயாகும். (Taste = (T) டி ; Nontaster= டி (t), ருசிபார்ப்பவர்களை டிடி (TT) என்றும், பார்க்கமுடியாதவர்களை (tt) டிடி என்றும் குறிப்பிடுவோம். இவர்கள் ஒத்த கருமுட்டை யுடையவர்களாவார்கள் (homozygous). ஒவ்வாத (heterozygous) கருமுட்டை யுடையவர்களும், கசப்பை உணர முடியு மாகையால் அவர்களுடைய மரபுடைய வழிமைப்பு டிடி (Tt) ஆகும். ஹாரிஸ் (Harris), **கால்மஸ் (Kalmus) என்ற இருவரும் இதைப்பற்றிநன்கு ஆராய்ந்**





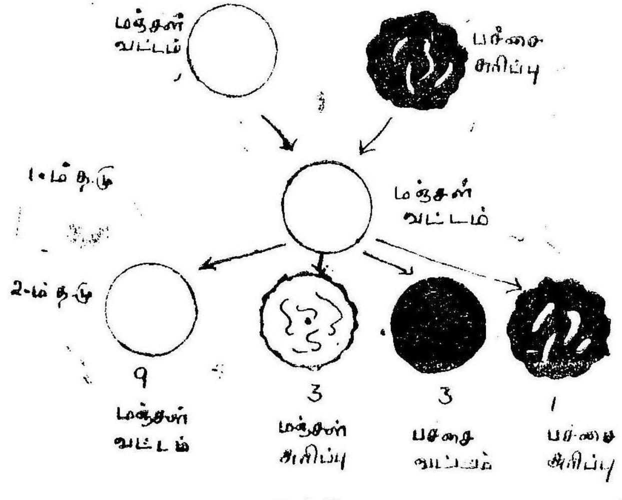


துள்ளார்கள். இதுபோன்றே கிட்டப் பார்வை (myopia) ஒருவருக்கு இருந்தால் அது பின்வரும் சந்ததிகளையும் பாதிக்கும். இதற்குரிய ஜீன் ஒடுங்கும் அல்லீலாகவும் (m) ஓங்கும் அல்லீலாக வும் (M) அமைவதுண்டு.

	பெற்றோர்கள்			மரபுக் கொழுந்துகள்
	Myopia		Nomal	1Myopic ; 1Normal
ஓங்கும் மையோப்பியா	M/+	×	+/+	1M/+ : 1 +/+
ஒடுங்கும் மையோப்பியா	$\frac{m}{m}$	×	$\frac{m}{+}$	1 m/m : 1 $\frac{m}{+}$

இரண்டாம் விதி: தனித்து ஒதுங்குதல் நியதி (Independent Assortment)

மெண்டல் முதல் விதிக்குரிய செடியையே இதற்கும் எடுத்துக் கொண்டார். ஆனால் இங்கு இருவகைக் குணங்களைக் கொண்டு



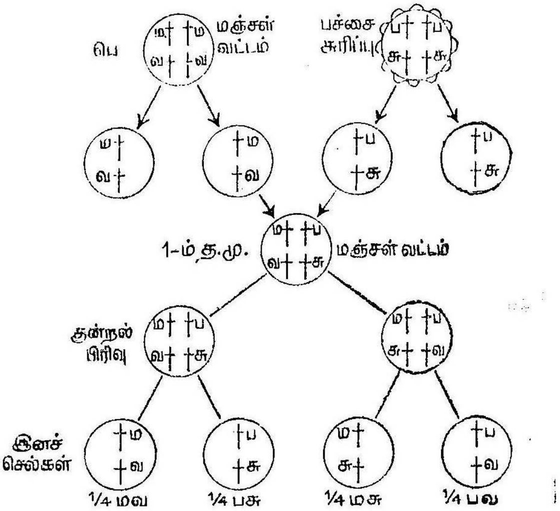
படம் 28.

பட்டாணிச் செடியில் மஞ்சள் வட்டமும், பச்சைச் சுரிப்பும் சேருவதின் விளக்கம்

அவை எவ்வாறு 2ஆம் தலைமுறையில் பிரிகின்றன என்று கணக்கிட்டார். அவ்வாறு ஆராயும்போது அவை தனித் தனியாகப் பிரிந்தொதுங்குதலின் விகிதம் முதல் விதியின் பெருக்கமாகவே தோன்றியது.

மஞ்சள், வட்டம், பச்சை, சுரிப்பு என்ற குணங்களை அந்தப் பட்டாணிச் செடி விதைகளில் கண்டார்.

மஞ்சள் நிறம் வட்ட வடிவம் உள்ள விதைகளிலிருந்து கிளம்பிய செடிகளையும், பச்சை நிறம் சுரிப்பு வடிவம் உள்ள



2-ம் த.மு.

	மவ	பசு	மசு	பவ
மவ	மவ மவ ○	மவ பசு ○	மவ மசு ○	மவ பவ ○
பசு	பசு மவ ○	பசு மவ ◎	பசு மசு ○	பசு பவ ◎
மசு	மசு மவ ○	மசு பசு ○	மசு மசு ●	மசு பவ ◐
பவ	பவ மவ ○	பவ பசு ◎	பவ மசு ●	பவ பவ ◎

படம் 29:

மெண்டலிசம் : தனித்தொதுங்குதல் விதி விளக்கம்.

விதைகளிலிருந்து கிளம்பிய செடிகளையும் சேர்த்ததில் 1-ஆம் தலைமுறை மஞ்சள் நிறம், வட்ட வடிவம் உள்ள விதைகளைப் பெற்றிருந்தன. தன் மகரந்தச் சேர்க்கை மூலம் 2-ஆம் தலைமுறையில்

9 மஞ்சள் வட்டம், 3 மஞ்சள் சுரிப்பு, 3 பச்சை வட்டம், 1 பச்சைச் சுரிப்பு விதைகள் (9 : 3 : 3 : 1) கிடைத்தன. இதில் F_1 சந்ததிகளில் இரு சோடி அல்லீல்கள் ஒரே சமயத்தில் இருப்பதால் இதற்கு இரட்டைக் கலப்புயிரிகள் (dihybrids) என்று பெயர். இவ் விகிதத்திற்கு இரட்டைக் கலப்புயிரி விகிதம் (dihybrid ratio) என்றும் கூறுவதுண்டு.

இவற்றைக் குரோமோசோம்கள், ஜீன்கள் என்பனவற்றால் கூறலாம். ம (Y)ம், வ (R)ம் மஞ்சளையும் (yellow), வட்ட வடிவத்தையும் (round), ப (G)ம், (W)ம் பச்சையையும் (green), சுரிப்பையும் (wrinkled) குறிப்பதாகக் கொள்வோம். ப (G)க்கு இயல்பான (normal) அல்லீல் ம (Y) ம், சு (W)க்கு இயல்பான(normal) அல்லீல் வ (R)ம் ஆகும். ப (G) இருக்குமிடத்தில் ம (Y) ம், சு (W) இருக்கு மிடத்தில் வ (R)ம் பொருந்தும். இவற்றிற்கு மம, வவ (G,g , W,w) என்ற எழுத்துக்களையும் பயன் படுத்துவதுமுண்டு. ஆகவே மஞ்சள் வட்ட விதையில் ஜீனோடைப் $\frac{\text{ம வ}}{\text{ம வ}}$ $\left(\frac{YR}{YR}\right)$ ஆகும். அவ்வாறே பச்சைச் சுரிப்பு விதையின் ஜீனோடைப் $\frac{\text{பசு}}{\text{பசு}}$ $\left(\frac{GW}{GW}\right)$ ஆகும்.

(இச் சூத்திரங்களில் குரோமோசோம்கள் செங்குத்தாக அமைந்துள்ளதாகவும், ஒவ்வொன்றிற்கும் இடையில் ஒரு கோடு இருப்பதாகவும் கொள்ளவேண்டும்.)

ஒரு குரோமோசோம் சோடியின் ஒரு நபர்தான், இரண்டு இனச் செல்களிலும் இருக்கும். மவ (YR)ம் பசு (GW)ம் முறையே உள்ளன.

இரு சுத்த வகுப்பினங்கள் (pure races) இணைந்தால் $\frac{\text{மவ}}{\text{மவ}} \times \frac{\text{பசு}}{\text{பசு}}$ $\left(\frac{YR}{YR} \times \frac{GW}{GW}\right)$ ஒன்றின் மவ(YR) இனச் செல்கள் மற்றொன்றின் பசு (GW) இனச் செல்களுடன் சேர்ந்து (F_1) 1ஆம் தலைமுறையை உண்டாக்குகின்றன. அவற்றின் ஜீனோடைப் $\frac{\text{பசு}}{\text{மவ}}$ $\left(\frac{GW}{YR}\right)$ ஆகும். இதில் காணும் ப ம (GY) என்ற ஜீன்கள் குரோமோசோமில் ஒரே இடத்தில் (locus) அமைந்துள்ளன என்பதைக் குறிக்கும். ஆகையால் அவை அல்லீல்களாகும். அவ்வாறே சு(W)ம், வ (R)ம் உள்ளன.

$\frac{\text{பசு}}{\text{மவ}}\left(\frac{GW}{YR}\right)$ என்பதை ஜீனேடைப்பாகக் கொண்ட தாவரத்தில் மவ (YR) ஓங்கு ஜீன்களாகும். ஓங்கு ஜீன்கள் பெரிய ஆங்கில எழுத்துக்களினுலும், ஒடுங்கு ஜீன்கள் சிறிய ஆங்கில எழுத்துக்களினுலும் எழுதப்பட்டிருக்கின்றன.

டை ஹைபிரிட்கள் தங்கள் ஜீன்களை மரபுக்கொழுந்துகளுக்குச் செலுத்துகின்றன. படம் 29ஐக் கவனிக்க. முதலாம் சந்ததியில் (F_1) குரோமோசோம்கள் மத்தியக்கோட்டின் ஒரே பக்கத்திலோ, எதிர் பக்கத்திலோ அமைந்திருக்கும். F_1 தன் மகரந்தச் சேர்க்கையினுல் F_2 ஐ உண்டாக்குகிறது. இவ் வேறுபாடுகள் குன்றல் பிரிவின் போது குறுக்கேற்றத்தினுல் (crossing over) ஏற்படுகின்றன. இதனுல் ஓர் இனச் செல்லில் மவ, பசு, மசு, பவ (YR, GW, YW, GR) என்ற இரு ஹைபிரிட் ஜீன்கள் சேருகின்றன. இவை எவ்விதக் கோட்பாடுமின்றிப் பிரிந்து செல்கின்றன. ஒவ்வோர் இனச் செல்லையும் படத்தில் காட்டியவாறு அமைத்துச் சதுரக் கட்டத்தில் (checker board) பொருத்தினுல் ஆண் இனச் செல்லிலிருந்து வந்த ஜீன்களும், பெண் இனச் செல்லிலிருந்து வந்த ஜீன்களும் சேர்ந்து புது உயிரிகளை உண்டாக்கும் போது எந்தெந்த, ஜீன் குரோமோசோமில் காணப்படும் என்று தெரிய வரும். ஒவ்வொன்றிலும் நான்கு வகை விந்துச் செல்களும் (மேல் பக்கத்திலும்) நான்கு வகை அண்டச் செல்களும் (இடப் பக்கத்திலும்) அமைத்து ஒவ்வொரு கட்டத்திலும் இரண்டின் நேர்ச் சேர்க்கைகளை அமைத்தால் அவையே அந்த மரபுக் கொழுந்தின் (F_2) ஜீன்களாகும்.

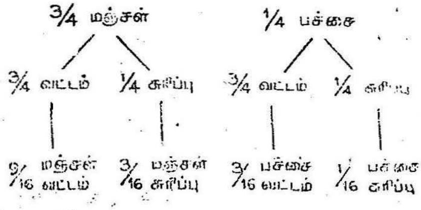
இவற்றில் ஒத்த ஜீன்களின் சேர்க்கைகளையும் சேர்த்துக் கணக்கிட்டாலும், ஓங்கு ஜீன்களின் தன்மை, உருப்பொருத்த வகையில் சேர்த்தாலும், கீழ்க்கண்ட விகிதத்தில் அமைய அமைகின்றன.

சோதனையில் கிடைத்த மரபுக் கொழுந்துகள் (இளங்கன்றுகள்)

விகிதம்	விகிதம்
9 மஞ்சள் வட்டம் (YR)	9.06 - 315 மஞ்சள் வட்டம்
3 மஞ்சள் சுரிப்பு (YW)	2,9 – 101 மஞ்சள் சுரிப்பு
3 பச்சை வட்டம் (GR)	3.1 - 108 பச்சை வட்டம்
1 பச்சைச் சுரிப்பு (GW)	0.9 - 32 பச்சைச் சுரிப்பு

ஆகவே 2ஆம் தலை முறையில் அவை 9 : 3 : 3 : 1 என்ற விகிதத்தில் தனித்து ஒதுங்குகின்றன என்று விளங்குகிறது. இந்த விகிதத்தை உற்று நோக்கினால் அதில் 12 மஞ்சள், 4 பச்சை இருப்பது தெரியும். இதுவும் 3 மஞ்சள், 1 பச்சை என்ற விகிதத்தை ஒத்தே இருக்கிறது. அவ்வாறே எல்லா வட்ட வடிவங்களையும் சுரிப்புக்களையும் சேர்த்து வகுத்தால் 3 வட்டமும் 1 சுரிப்பும் கிடைக்கின்றன. இதுவும் மெண்டலின் விகிதமே ஒரு தனிக் கூற்றை மட்டும் எடுத்துப் பார்த்தால் (அதாவது நிறம் அல்லது வடிவம் என்று) அதில் 3 : 1 என்ற விகிதமும், இரு தனிக் கூறுகளை எடுத்துக் கொண்டால் 9 : 3 : 3 : 1 என்ற விகிதமும் கிடைக்கின்றன. 2ஆம் தலைமுறையில் (F_2) ஒவ்வொரு லோகசும் (locus) 3 : 1 என்ற விகிதத்தில் தனித்தொதுங்குவதால், இரு லோகஸ்களுக்கும் நேரடியாக 9 : 3 : 3 : 1 என்ற விகிதத்தை அடைய முடிகிறது. 2ஆம் தலைமுறையில் 3 மஞ்சள் 1 பச்சை என்று சொல்லும் போது, $\frac{3}{4}$ மஞ்சள், $\frac{1}{4}$ பச்சை என்று சொல்வதை ஒத்திருக்கிறது. ஆகவே ஒவ்வொரு 16 2ஆம் தலைமுறை மரபுக் கொழுந்திலும் சராசரிக்கு $\frac{3}{4}$ அல்லது 12 மஞ்சளாகவும், $\frac{1}{4}$ அல்லது 4 பச்சையாகவும் இருக்கும். இந்த 12 மஞ்சளை $\frac{3}{4}$ பங்கால் வகுத்தால் 9 மஞ்சள் வட்டமும், 3 மஞ்சள் சுரிப்பும் கிடைக்கின்றன. அவ்வாறே 4 பச்சைகளை $\frac{1}{4}$ பங்கால் வகுத்தால் $\frac{3}{4}$ வட்டமும், $\frac{1}{4}$ சுரிப்பும் அதாவது 3 பச்சை வட்டமும், 1 பச்சைச் சுரிப்பும் கிடைக்கின்றன.

மேற்கூறிய விகிதங்களை நேரடியாகவோ, மறைமுகமாகவோ அடைய முடியும். 1ஆம் தலைமுறை ஹைபிரிடிலிருந்து கிடைக்கும் நான்கு வகை விந்துக்களையும் நான்கு வகை அண்டங்களுடன் பெருக்கினால் 2ஆம் தலைமுறைகளைக் காண முடியும். இம் முறைக்கு மறைமுகவழி (indirect method) என்று பெயர்.



3:1 என்ற விகிதத்தை ஒவ்வொரு லோகசுடன் நேரடியாக இணைத்தால் அவ்விகிதத்தை அடையலாம். இதற்கு நேர்முகவழி (direct method) என்று பெயர். அதாவது 3:1 விகிதத்துடன் பெருக்கு 3:1 விகிதத்தைச் சேர்க்க வேண்டும்.

9:3:3:1 என்ற விகிதத்தை நேர்முக வழியில் அடைதல் சோதனைக் கலவி (Test cross) :

இரு கலப்புடையவற்றைப் (இருஹைபிரிட்) பச்சைச்சுரிப்புப் பெற்றோருடன் கலவி செய்தால் $\frac{\text{பசு}}{\text{மவ}} \times \frac{\text{பசு}}{\text{பசு}} \cdot \left(\frac{GW}{YR} \times \frac{GW}{GW}\right)$ எந்த விதமான மரபுக் கொழுந்து கிடைக்கும்? இதிலுள்ள கலப்புயிரிகள் மவ, மசு, பவ, பசு (YR, YW, GR, GW) என்ற நான்கு வகையான இனச் செல்களை உண்டாக்கும். ஆனால் பச்சைச் சுரிப்புப் பெற்றோர் பசு (GW) என்ற ஒரே ஒருவகையான இனச்செல்லை மட்டும் உண்டாக்கும். இவ் விரண்டு ஆண் பெண் இனச் செல்களிலிருந்தும் நான்கு வகையான மரபுக் கொழுந்துகள் உண்டாகின்றன. ஒவ்வொன்றினுடன் பசு (GW) இனச் செல்களைச் சேர்க்க வேண்டும்.

$$1\frac{\text{மவ}}{\text{பசு}}\left(\frac{YR}{GW}\right) : 1\frac{\text{மசு}}{\text{பசு}}\left(\frac{YW}{GW}\right) : 1\frac{\text{பவ}}{\text{பசு}}\left(\frac{GR}{GW}\right) : 1\frac{\text{பசு}}{\text{பசு}}\left(\frac{GW}{GW}\right)$$

படுக்கைக் கோட்டிற்கு மேல் உள்ள ஜீன்கள் ஹைபிரிட் பெற்றோரிடமிருந்தும், கீழ் உள்ளவை பச்சைச் சுரிப்புப் பெற்றோரிடமிருந்தும் பெற்றவையாகும்.

இக் கலவிச் சோதனையிலிருந்து எந்த ஜீன்கள் எந்த வகை (ஹைபிரிட்) மரபுக் கொழுந்திலிருந்து உண்டாயிற்று என்று உணரலாம். உதாரணமாக $\frac{\text{பவ}}{\text{பசு}}\left(\frac{GR}{GW}\right)$ என்ற மரபுக் கொழுந்து எதிலிருந்து உண்டாயிற்று என்று கூற முடியும். அதன் நிறம் பச்சையாக இருப்பதால், G ஜீனை இரு பெற்றோர்களி-லிருந்தும் பெற்றதென்றும் ஆகையால் ஒரு G ஜீன் ஹைபிரிட் பெற்றோரிடமிருந்து பெற்றதென்றும் தெளிவாகிறது. அது வட்டமாக இருப்பதால் அதில் வ (R) ஜீன் இருக்க வேண்டும். வ (R) ஜீன் சுரிப்புப் பெற்றோரிடமிருந்து வந்திருக்க முடியாது. ஏனெனில் இப் பெற்றோர் பசு (GW) ஜீன்களைத்தான் பெற்றுள்ளனர். ஆகவே இது ஹைபிரிட் பெற்றோரிடமிருந்து வந்திருக்க வேண்டும். ஆகவே ப... திலிருந்தே ஹைபிரிட் பெற்றோரிடமிருந்து பெற்றதைக் கூற முடியும். அவ்வாறே மற்ற மரபு கொழுந்துகளுக்கும் கூற முடியும். இவ்விதச் சோதனைக்குச் சோதனைக் கலவிப் புணர்ச்சி என்று பெயர். இதையே 'பின்கலவி' (back cross) என்பதுமுண்டு, ஏனெனில் 1 ஆம் தலைமுறையான ஹைபிரிடை (hybrid) ஒடுங்கும் பெற்றோருடன் (recessive parent) கலவி செய்விப்பதாகும்.

மெண்டல் செய்த சோதனைக் கலவியில் $\frac{\text{பசு}}{\text{மவ}} \times \frac{\text{பசு}}{\text{பசு}} \left(\frac{GW}{YR} \times \frac{GW}{GW} \right)$ கீழ்க்கண்ட மரபுக் கொழுந்துகளைக் கண்டார்.

55 மஞ்சள் வட்டம் : $\frac{\text{மவ}}{\text{பசு}} \left(\frac{YR}{GW} \right)$

49 மஞ்சள் சுரிப்பு $\frac{\text{மசு}}{\text{பசு}} \left(\frac{YW}{GW} \right)$

51 பச்சை வட்டம் $\frac{\text{பவ}}{\text{பசு}} \left(\frac{GR}{GW} \right)$

53 பச்சைச் சுரிப்பு $\frac{\text{பசு}}{\text{பசு}} \left(\frac{GW}{GW} \right)$

இவை கிட்டத்தட்ட மேற்கூறிய 1 : 1 : 1 : 1 என்ற விகிதத்தில் இருக்கின்றன, சம எண்ணிக்கைகள் உள்ளதினால் இரு சோடி அல்லீல்களும் ஹைபிரிட்களிலிருந்து தனித்து ஒதுங்கியுள்ளன என்று விளங்குகிறது. ஆனால் இவ்வாறு தனித்து ஒதுங்கும் என்று அவருக்குச் சோதனையின் போது தெரியாது. அவர் முதலில் கலப்பு வகைகளை உண்டாக்கிப் பின் தற்கலப்புச் சேய்ப் பெருக்கம் (inbreeding) செய்தார். தெரிந்த அல்லது பார்த்தவற்றிலிருந்தே தெரியாத அல்லது பார்க்க முடியாதவற்றைக் காணும் முறையில் மெண்டலும் சோதனை நடத்தினார். 2ஆம் தலைமுறை எவ்வாறு வரும் என்று தெரியாத நிலையிலேயே அவர் சோதனை செய்தார் விளக்கமும் தந்தார். மேற்கூறிய ஜீன்களுக்குப் பொதுவாகப் பெயர் கொடுத்தால் எவ்விதக் குணங்களுள்ளவற்றிற்கும் கையாளலாம். மவ பசு (YR GW) என்ற ஜீன்களுக்கு AB ab என்றுகொள்க. AB ஓங்கு ஜீன்களாகவும், ab ஒடுங்கும் ஜீன்களாகவும் கொண்டு பொதுச் சூத்திரம் காண்க. 9 AB : 3 Ab : 3 aB : 1 ab என்ற ஜீனோடைப் விகிதத்தைத் தலைமுறை உரிமைக்குப் பயன்படுத்தலாம்.

மெண்டலின் சோதனைகளும் பிணைத்தல் முறையும் (Linkage)

மெண்டல் செய்த பல சோதனைகளிலும் இரு சோடி அல்லீல்கள் இருந்தன. ஆனால் அவர் வெவ்வேறு குரோமோசோம்களிலுள்ள ஜீன் சோடிகளையே கையாண்டார். எல்லாவற்றிலும் 2ஆம் தலைமுறையில் 9 : 3 : 3 : 1 என்ற விகிதமும் (ஹைபிரிட்களைத் தற்கலப்புச் சேய்ப் பெருக்க முறையில்) அல்லது சோதனைக் கலவி முறையில் 1:1:1:1 என்ற விகிதமும் கிடைத்தன.

ஆனால் ஒரு குரோமோசோமில் ஒன்றிற்கு மேல் பல ஜீன்கள் உண்டு. ஓரே குரோமோசோமில் ஜீன்களின் நிலையிடம் பல் வேருக இருந்திருந்தால் அவருடைய சோதனைக்கு மேற்கூறிய வாறில்லாமல் பல்வேறு முடிவுகள் கிடைத்திருக்கும். ஏனெனில் குரோமோசோமில் அவை ஒன்ருேடொன்று இணைந்திருப்பதே காரணமாகும். அவை பின் சந்ததிகளுக்கு அப்படியே கூட்ட மாகச் சென்றிருக்கும். ஆகவே ஒரு சோடி அல்லீல்கள் வெவ்வேறு சோடிக் குரோமோசோம்களில் இருந்தால்தான் தனித்து ஒதுங்க முடியும் என்பது உறுதியாகிறது.

அல்லீல்கள் ஹைபிரிட்களில் கலவாமல் இருப்பதை மெண் டலின் முதல் கொள்கை (First Principle-Law of Segregation) என்றும், தனித்துப் பிரிவதை (independent assortment) இரண் டாம் கொள்கை (second principle) என்றும் கூறுவதுமுண்டு.

முன் கூறிய இரண்டாம் விதியைப் போலவே மூன்று அல்லது அதற்கு மேற் கொண்ட ஜீன்கள் இருக்கும் போது அவற்ருல் ஏற்படும் குணங்களைப் பற்றியும் மரபு வழியையும் கணக்கிட முடியும். அவ்வாறு சோதனை செய்யும் போது மூன்று கலப்பினங் கள் (tri hybrid) விகிதம் கிடைக்கும். மஞ்சள் (ம, Y), வட்டம் (வ, R), உயரம் (டி, T) என்ற மூன்று ஜீன்களையும் அவற்றிற் குரிய பச்சை (ப, G), சுரிப்பு (சு, W), குட்டை (கு, T) என்றமூன்று ஜீன்களை வைத்துக் கணக்கிட வேண்டும். 3:1 என்ற விகிதத்தின் மூன்று மடங்கே 2ஆம் தலைமுறையின் முடிவாகும். அதாவது மொத்தத்தில் உள்ள 64 என்பது 27:9:9:9:3:3:3:1 என்ற விகிதத்தில் அமைகின்றது.

பல ஜீன்கள் உள்ள ஒரு நிலையில் சோதனைகள் நடத்தினுல் பல குணங்கள் கலப்புயுரிகளில் தோன்றுகின்றன. இதற்குப் பல கலப்பினங்களின் விகிதம் அல்லது பாலி ஹைபிரிட் விகிதம் (polyhybrid ratio) என்று பெயர்.

ஜீன்களின் செயல்: எதிர்செயல்கள் அல்லது பரிவர்த்தனைச் செயல்கள் (Interaction of Genes)

மெண்டல் குறிப்பிட்ட கலப்பினங்கள் விகிதம் தற்காலத்தில் மேலும் ஆராயப்பட்டுப் பல புதிய விகிதங்கள் கண்டுபிடிக்கப் பட்டன. 1900ஆம் ஆண்டிற்குப் பின் பல்வேறு முறைகளில் பல மரபியல் வல்லுநர்கள் ஆராய்ந்ததின பலனுக மேலும் சில ஜீன் களின் செயல் எதிர்செயல்களும், அதனுல் ஏற்படும் வெளித் தோற்றங்களும் கிழே தரப்பட்டுள்ளன.

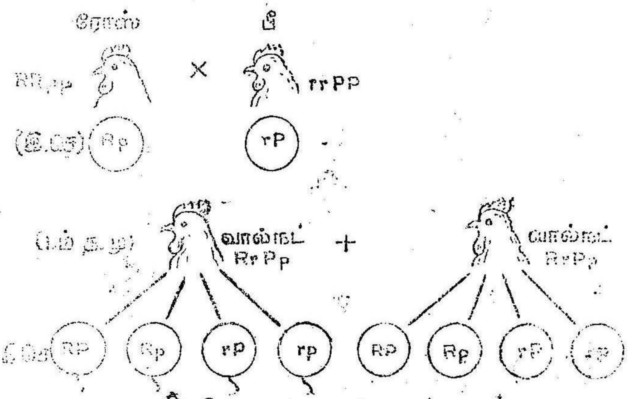
1. 9 : 3 : 3 ; 1 விகிதம் ; பறவைகளின் கொண்டை ; மெண்டல் பட்டாணியில் ஆராயும்போது அவர் இரு சோடி (ஒன்று நிறம், மற்றொன்று அமைப்பு) ஜீன்களைத்தான் பின் தொடர்ந்து விதிகளை ஏற்படுத்தினர். அவ்விதிகளுக்குப் புறம் பாகச் சில ஜீன்கள் செயல் எதிர்செயல்கள் செய்து அதே மூலக் கூற்றை மாற்றியமைப்பதுமுண்டு. ஆங்கில மரபியல் வல்லுநர் களான பேட்டிசனும் பன்னட்டும் (Bateson and Punnet) கோழிக் கொண்டைகளில் மாற்றங்களைக் கண்டார்கள். பொதுவாகக் காணப்படும் கொண்டைக்கு ஒற்றைக் (single) கொண்டை என்று பெயர். இதுதான் 'நார்மல்' (normal) அல்லது சாதாரண மாகக் காணப்படும். இதனுடைய ஜீன்களை rr pp என்று குறிப் பிடுவோம். மேலும் 'பீ' கொண்டை (pea **comb**), ரோஸ் கொண்டை (rose comb), வால்நட் கொண்டை **(walnut comb)** என்ற சில வகைகள் கோழிகளில் காணப்படுகின்றன. அவற்றின் ஜீன் அமைப்புக்களான (geno type).

ஒற்றைக் கொண்டை (Single.Comb)	: **rrpp - Leghorns Breed**
'பீ' கொண்டை (Pea Comb)	: **rrPP - Brahmas Breed**
ரோஸ் கொண்டை (Rose Com)	: **RRpp - Wyandotte Breed**
வால்நட் கொண்டை (Walnut Comb)	; **RrPp - Malay Breed**

இதில் வரும் ஜீன்களுக்கு ஓங்கும் மியூட்டேஷன்ஏற்பட்டதால் நார்மல் அல்லீல்கள் நீக்கப்பட்டுவிட்டன. P அல்லது R ஜீன்கள் அவ்விடத்தில் அமர்ந்துகொண்டன. ஆனால் அல்லீல்கள் அல்ல. அதாவது ஒற்றை எண் வேறுபாடேயன்றி இரட்டை எண் வேறு பாடன்று.

ஆகவே இரட்டை எண்மயம் அல்லது டிப்ளாய்டு எண் (diploid numbers) ஏற்பட்ட ஜீன் மியூட்டேஷனல் ஒரு குரோமோசோமிலுள்ள ஒற்றை எண் ஜீன் நீக்கப்பட்டு அவ்விடத் தில் P அல்லது R ஜீன் அமைந்துள்ளது. இரண்டும் நார்மல் ஜீனை pr ஐ நீக்கிவிட்டு PR என்ற இரண்டும் அமையப்பெற்ற

நிலையாகும். ரோஸ் கொண்டையும், 'பீ' கொண்டையும் சேர்ந்து வால்நட் கொண்டையைக் கொடுக்கின்றன. இதையே கட்டப்பலகை மூலம் (checker board method) விளக்கலாம்.



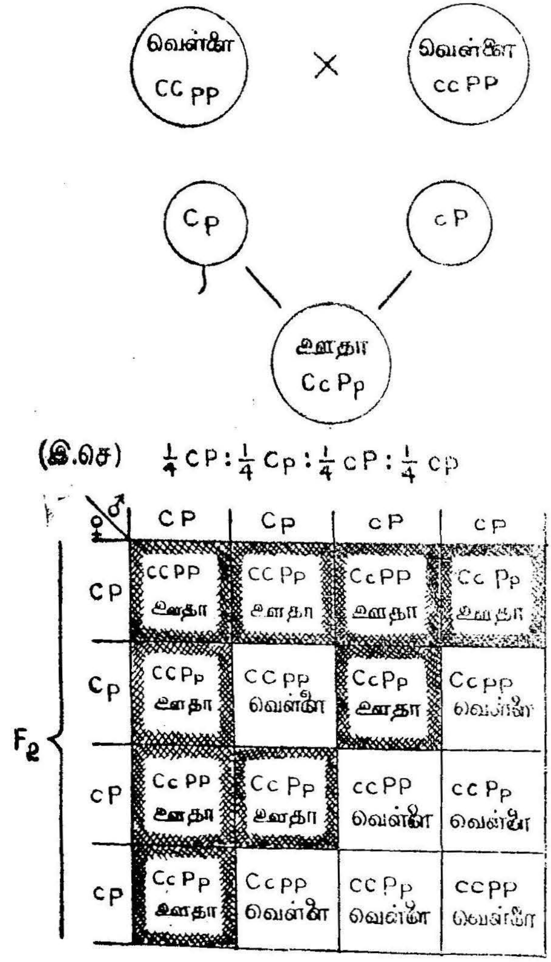
♀ \ ♂	RP	Rp	rP	rp
RP	RRPP வால்நட்	RRPp வால்நட்	RrPP வால்நட்	RrPp வால்நட்
Rp	RRPp வால்நட்	RRpp ரோஸ்	RrPp வால்நட்	Rrpp ரோஸ்
rP	RrPP வால்நட்	RrPp வால்நட்	rrPP பீ	rrPp பீ
rp	RrPp [illegible]	Rrpp [illegible]	rrPp [illegible]	[illegible]

படம் 30.

தனிச்சோடி கோழிக் கொண்டை அல்லீல்களின்செயல் எதிர்செயல்கள் 1ம் 2ம் தலைமுறைகளின் விளக்கம். ரோஸ், பீ, வால்நட், ஒற்றைக் கொண்டைகள்.

இதில் r, p என்ற இரண்டும் ஒற்றைக் கொண்டையைக் குறிப்பிட்டாலும், இவை 'பீ' அல்லது ரோஸ் கொண்டைகளைக் குறிப்பிடவில்லை. ஏனெனில் Pயும் Rம் முறையே 'பீ' ரோஸ் கொண்டைகளைக்குறிக்கின்றன. பொதுவாக இவ்விரு நிலையான திடீர் மாற்ற

ஜீன்கள் ஒரே மூலக் கூற்றைத்தான் பாதிக்கின்றன. இங்கு விகிதம் 9 : 3 : 3 : 1 என்று வந்தாலும் கூட ஒரு **சோடி** அல்லீல்



படம் 31.

9 : 7 விகிதம்—7 வெள்ளை (white) : 9 ஊதா (purple). இதே விகிதத்தில் வேறோர் உதாரணத்தைக் கவனிக்க.

கள் ஒரே மூலக்கூற்றை (trait) பாதிக்கின்றன. அதாவது ஒரே பண்பைப் பாதிக்கின்றன, இம்மாதிரியா விகிதத்தையே முன்பு 'தோன்றி - தோன்றாக் கோட்பாடு' presence - absence theory) என்று கூறினர்கள். ஆனல் இப்போது இவ்வாறு கூறுவதில்லை. இக்கோட்பாட்டு விளக்கத்தையே முன்கூறிய இளஞ் சிவப்புப் பூவிற்குக் கூறுவதுமுண்டு. இவ்வாறே எலிகளின் தோல் நிறத்திற்கும் காண்க.

2. 9 : 7 **விகிதம்** ; இனிப்புப் பட்டாணிகளின் பூக்கள் ஊதா நிறமுடையன. அனல் இரு வெள்ளை நிற வகைகளும் இருக்கின்றன. அவற்றை a வகை, b வகை என்று கூறுவோம். இவையிரண்டும் ஒடுங்கும் மியூட்டேஷனில் இரு தனிக் குரோமோசோம்களில் உண்டாயின. ஊதா நிறம் இரண்டு ஓங்கு ஜீன்களினால் உண்டாகிறது. இம்மாதிரியான கூட்டு அமைப்பிற்குக் காம்ப்ளிமெண்டரி ஜீன்கள் (complimentary genes) என்று எமர்சன் (Emerson) பெயரிட்டார். ஒன்று அல்லது இரண்டுமில்லாமல் இருந்தால் பூவின் நிறம் வெள்ளையாக இருக்கும். ஆகவே நிறம் உண்டாவதற்கு இரு ஜீன்கள் முக்கியமாகும். (C and P). மேலே உள்ள படம் 31 இதை விளக்குகிறது.

3. 9:3:4 **விகிதம்**: சுண்டெலிகளுக்குப் பலவகை நிறங்கள் உண்டு. இந்நிறங்கள் நிற ஜீன்களின் செயல் எதிர்செயல்களினல் உண்டாகின்றன. கறுப்பு (black), வெள்ளை-ஆல்பினே (albinism), அகவுட்டி (agouti) என்னும் இவை ரோமங்களின் துகள்கள் அமைப்பை ஒட்டிக் காணப்படுகின்றன. இன்னும் பல நிறங்களும் உண்டு. சாதாரணமாகக் கறுப்பு எலியும், வெள்ளை எலியும் சேர்ந்தால் அவற்றின் குஞ்சுகள் அகவுட்டி நிறமாக இருக்கும். மற்றும் சாம்பல் நிறமும் எலிகளில் காணப்படுகின்றது. நிறத்திற்கு C ஜீன் அவசியம். A ஜீன் அதனுடன் சேர்ந்தால்தான் அகவுட்டி நிறமுண்டாகும் (படம் 32).

4. 13 : 3 **விகிதம்**: ஒவ்வாக் கருமுட்டையில்(heterozygote) ஓங்குதன்மையினல் ஒடுங்கும் அல்லீல் மறைந்து காணப்படுவதுண்டு. அல்லீல்கள் அல்லாத இரு வெவ்வேறு ஜீன்கள் ஓர் உயிரியின் ஒரே பாகத்தையோ மூலக் கூற்றையோ பாதிப்பதுமுண்டு. அவ்வமயம் எந்த ஒரு ஜீன் மற்றொன்றை மறைக்கின்றதோ அதற்கு மேலாட்சி ஜீன் (epistatic gene) என்றும், அத்தன்மைக்கு மேலாட்சி (epistasis) என்றும் பெயர். எந்த ஒரு ஜீன் மறைந்து காணப்படுகிறதோ அதற்கு மறைவாட்சி ஜீன் (hypostatic gene) என்று பெயர். எடுத்துக்காட்டாகக் [illegible]

வகைகளில் காணும் வெள்ளை நிறத்தை எடுத்துக்கொள்ளலாம். ஓங்கு ஜீனினால் வெள்ளையும் (dominant white), ஒடுங்கு ஜீனினால் வெள்ளையும் (recessive gene) உள்ள கோழிகள் உண்டு. வெள்ளை லெக்கார்ன் என்ற கோழியில் இறக்கை வெள்ளையாக இருக்கும். இதில் நிற ஜீன் (colour gene-C) இருந்தாலும் அதனுடன் அதை மறைக்கும் மறை ஜீனும் (inhibitor - I) இருக்கிறது. அதனால்

(பெ) கறுப்பு × ஆல்பினோ
CCaa ccAA
(இ.செ) Ca cA
1-ம் த.மு. அகவுட்டி × அகவுட்டி
CcAa CcAa

♀ \ ♂	CA	Ca	cA	ca
CA	CCAA அகவுட்டி	CCAa அகவுட்டி	CcAA அகவுட்டி	CcAa அகவுட்டி
Ca	CCAa அகவுட்டி	CCaa கறுப்பு	CcAa அகவுட்டி	Ccaa கறுப்பு
cA	CcAA அகவுட்டி	CcAa அகவுட்டி	ccAA ஆல்பினோ	ccAa ஆல்பினோ
ca	CcAa அகவுட்டி	Ccaa கறுப்பு	ccAa ஆல்பினோ	ccaa ஆல்பினோ

2-ம் த.மு.

அகவுட்டி 9/16
கறுப்பு 3/16
ஆல்பினோ 4/16

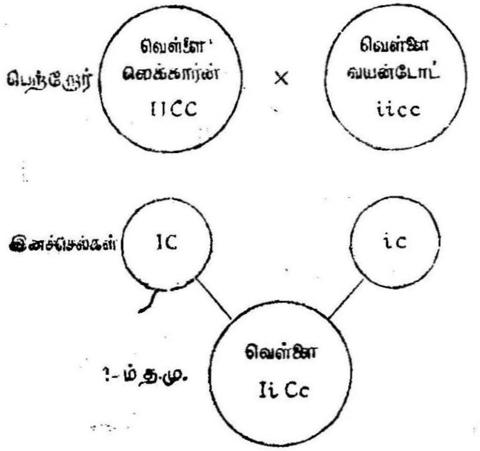
படம் 32.

9 : 3 : 4 விகிதம். **அகவுட்டி** (agouti;; **கறுப்பு** (black); **வெள்ளை** (albino).

இதை IIcc வெள்ளை லெக்கார்ன் என்றும் குறிப்பிடுவோம். வெள்ளை வயன்டோட்டியை (white Wyandotte) iicc என்று குறிப்பிடுவோம். எங்கெல்லாம் நிற ஜீனும் (C) அதை மறைக்கும் மறைஜீனும் (I) இருக்கின்றனவோ அவை எல்லாம் வெள்ளையாக இருக்கும். இங்கு ஓங்கும் நிலை (dominance) என்பதற்குப் பொருள் இல்லை (படம் 33).

5. 15: 1 **விகிதம்** : G. H. ஷெல் (G. H. Shell) என்ற மரபியல் வல்லுநர் ஷெப்பர்ட்ஸ் பர்ஸ் (Shepherd's purse) என்ற தாவரத்தின் விதை உறையில் வேறுபாட்டைக் கண்டார்.

முக்கோண வடிவ விதை உறைகள் சாதாரணமாகக் காணப் பட்டாலும், வட்டமாகச் சில காணப்பட்டன. வெவ்வேறு குரோமோசோம்களின் இரு மியூட்டேஷன் சேர்க்கையில் அவ்வாறு உண்டாயின என்று கருதினர். தனியாக ஒரு நிலையான



1-ம் த.மு. இனச்செல்கள் : ¼ IC, ¼ Ic; ¼ iC, ¼ ic

2-ம் த.மு.

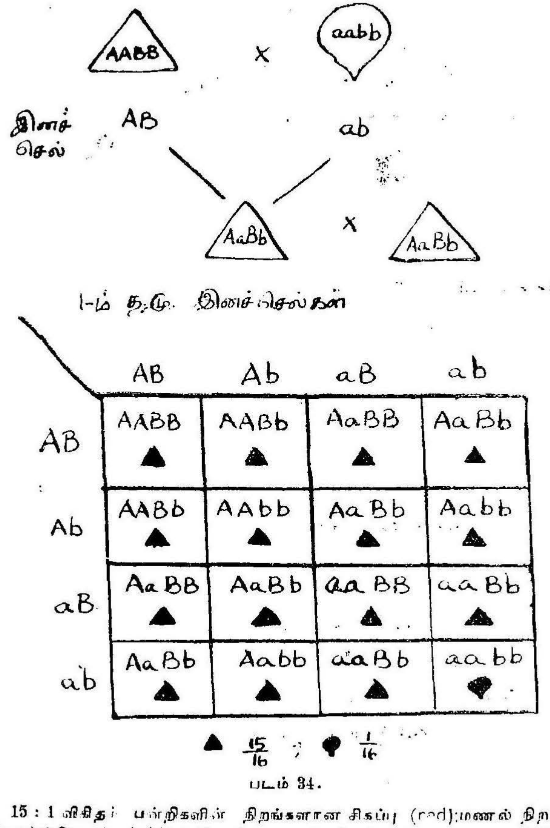
	IC	Ic	iC	ic
IC	IICC வெள்ளை	IICc வெள்ளை	IiCC வெள்ளை	IiCc வெள்ளை
Ic	IICc வெள்ளை	IIcc வெள்ளை	IiCc வெள்ளை	Iicc வெள்ளை
iC	IiCC வெள்ளை	IiCc வெள்ளை	iiCC நிறம்	iiCc நிறம்
ic	IiCc வெள்ளை	Iicc வெள்ளை	iiCc நிறம்	iicc வெள்ளை

படம் 33

13 : 3 விகிதம். வெள்ளை லெக்கார்ன் (white Leghorn); வெள்ளை வயன்டோட்டி (white Wyandotte).

திடீர் மாற்றம் எவ்வித வேறுபாட்டையும் கொடுக்காமல் இரு மியூட்டேஷனும் ஒன்றாகச் சேர்ந்தால்தான் வட்ட வடிவமான விதை உறையை உண்டாக்க முடியும் என்று கூறினர். இதையே

நினைவு கொண்டு கீழ்க்கண்ட கட்டப்பலகையை நோக்குக (படம் 34).



படம் 34.

15 : 1 விகிதம் பன்றிகளின் நிறங்களான சிகப்பு (red); மணல் நிறம் (sandy); வெள்ளை (white) போன்றவை. 9 ; 6 : 1 என்று அமைவதும் மேற் கூறிய விகிதத்தின் மாறுபாடே.

6. 12 : 3 : 1 விகிதம் : ஈஸ்ட் (East), ஹெயஸ் (Hayes), எமர்சன் (Emerson) என்ற மூவரும் தானிய வகைச் செடிகளில் மூன்று ஜீன்கள் (triplicate gene) இருந்ததையும் அவற்றின் மூன்று வேலைகளினால் 12 ஊதா : 3 மஞ்சள் : 1 வெள்ளை என்ற நிறப் பூக்களையும் கண்டனர்.

7. **வெள்ளை குளோவரில் சையனேட்** : சில தாவரங்களில் சையனேட் (cyanide-= hypocyanic acid - HCN) என்ற பொருள் களின் அளவு, விகிதத்தை நிர்ணயிப்பதாகக் கூறுகிறார்கள். இப்பொருள்களுடன் உள்ள தானியங்கள் ஆடு மாடுகள் தின்றால், அவற்றைப் பாதிப்பதில்லை. எதிராக அவற்றை வேளாண்கள் விரும்புகிறார்கள். அதற்குக் காரணம் பால், உரோமம் போன்ற வற்றின் அளவு அதிகமாவதேயாகும்.

அதிகச் சையனேட் அளவுள்ள வகைகளுடன் (strains) குறைந்த அளவுள்ள வகைகளைக் கலவி செய்தால் 1ஆம் தலைமுறை அதிகச் சையனேட் அளவு உள்ளதாகவும், 2ஆம் தலைமுறை 3:1 என்ற விகிதத்தில் ஒன்று மட்டும் குறைவுள்ளதாகவும் தெரியும். ஆனால் இவ் விகிதத்தில் வேறுபாடுகளைக் கண்டுள்ளார்கள்.

P_1 குறைந்த வகை 'A' × குறைந்த வகை 'B'
(low strain) ↓ (low strain)

F_1 உயர்ந்த சையனேட்

F_2 9 உயர்ந்த சையனேட் : 7 குறைந்த சையனேட்

8. 1:2:2:4:1:2:1:2:1 **விகிதம்** : ஜீன்களின் இடைநிலைத் தன்மை) சில செடிகளில் பூக்களின் நிறமும், இலையமைப்பும் எடுத்துக் கொண்டு விளக்கும் போது சிவப்பு (RR), இளஞ்சிவப்பு (Rr), வெள்ளைப்பூக்களும் (rr), அகன்ற (BB), இடைநிலை (Bb), குறுகிய (bb) இலைகளும் கீழ்க்கண்ட விகிதத்தில் காண்பதுண்டு.

(உ-ம்) Snapdragan Antirrhinummajus

P. RR BB × rr bb
↓
F_1. Rr Bb (red flower and broad leaf)

F_2 1:2:2:4:1:2:1:2.1

	RB	Rb	rB	rb
RB				
Rb				
rB				
rb	சி			

ஒவ்வொரு கட்டத்தையும் பூர்த்தி செய்து பார்க்க.

9. 3:6:2:1:3:1 விகிதம். (ஒரு ஜீன் ஓங்கியும் மற்றொன்று ஒடுங்கியும் காணும் தன்மை) :

(உ-ம்) கொம்பு நிலையும், தோல் நிறமும் மாடுகளில் காணப் படுதல்.

சிகப்பு உரோமத்தோல் = RR(Red)
சிகப்பு வெள்ளை உரோமத்தோல் = Rr (Roam)

P = PPRR × pprr
கொம்பற்ற சிவப்பு கொம்புள்ள வெள்ளை

கொம்பற்ற நிலை (ஓங்குதல்) = P (Polled Hornless)
கொம்புள்ள நிலை (ஒடுங்குதல்) = p (Polled Horned)

F_1 = Pp Rr × Pp Rr

	PR	Pr	PR	pr
PR	×	ψ	×	ψ
Pr	ψ	⊙	ψ	⊙
PR	×	ψ	⊕	⊙
pr	ψ	⊙	⊙	⊕

கட்டங்களைப் பூர்த்தி செய்து பார்க்க

3 × கொம்பற்ற சிகப்பு (Polled Red)
6 ψ கொம்பற்ற சிகப்பு வெள்ளை (Polled Roam)
2 ⊙ கொம்புள்ளசிகப்பு வெள்ளை (Horned Roam)
1 ⊕ கொம்புள்ள சிகப்பு (Horned Red)
3 ⊙ கொம்பற்ற வெள்ளை (Polled White)
1 ⊕ கொம்புள்ள வெள்ளை (Horned White)

F_2 . 3 : 6 : 2 : 1 : 3 : 1

10. 2 : 1 விகிதம் (லீத்தல் ஜீன்கள்): குவனட் (Cuenot) என்பவர் மஞ்சள் நிறமுடைய இரு சுண்டெலிகளைப் புணரச் செய்து அவற்றின் சந்ததிகளைப் பார்த்ததில் 2 : 1 என்ற விகிதம் பெற்றார். 3 : 1 என்ற மெண்டலின் விகித அளவை அடைய முடியவில்லை.

A^y = மஞ்சள் உரோம ஓங்கும் அல்லீல்
a = மஞ்சள் நிறத்திற்கு ஒடுங்கும் அல்லீல்

P — $A^y a \times A^y a$
மஞ்சள் ↓ மஞ்சள்

F_1 A^yA^y — இறக்கிறது; A^ya A^ya aa — மஞ்சள் கரு இறப்பதில்லை

இதில் A^Y யும் A^Y ஒத்த கரு முட்டையாக (Homozygous Condition), வருவதால் இறந்து விடுகிறது. ஒவ்வா நிலையில் வரும் போது மஞ்சள் நிறத்தை அடைகிறது. ஒடுங்கும் நிலையில் வரும் போதும், ஒவ்வா நிலையில் வரும் போதும் உயிர் தப்புகின்றது. மனிதர்களின் இரத்தத்தில் காணும் சிக்கிள் செல் அனீமியாவும் (sickle cell anaemia) கோழிகளில் காணப் படும் நகரும் தன்மையும் (creeper) இதை ஒத்தவையே. இதை உற்று நோக்குவோமானல் இரு வெவ்வேறு அல்லீல் சோடிகள் உள்ளன என்றும், அவை ஒவ்வொன்றும் சையனைடைப் பாதிக் கின்றன என்றும் தெரியவரும்.

உயர்ந்த	உயர்ந்த
L = (High)	H = (High)
குறைந்த	குறைந்த
ll = (Low)	hh = (Low)

P LLLL × llHH
குறைந்த (Low) குறைந்த (Low)
↓
LlHh
F_1 உயர்ந்த (High)

உயர்ந்த
LH = High (9)

குறைந்த
llH = Low (3)
குறைந்த
Lhh = Low (3)
குறைந்த
llhh = Low (1)
} குறைந்த 7 (Low)

9 உயர்ந்த அல்லது அதிக சையனைட் கொண்டது.

7 குறைந்த சயனைட் கொண்டது.

சையனைட் தயாரிப்பில் என்சைம்கள் பங்கு கொள்கின்றன என்று கண்டுள்ளார்கள். அவ்வென்சைம்கள் தக்க ஜீன்களின் ஆளுகையில் செயல்படுவதாகத் தெரிகிறது.

gene L → Precusor —Enzyme→ Substrate (Cyanogenic glucoside) —Enzyme (gene H)→ Cyanide

ஜீன் H
↓
பிரிகர்சம் சைனோஜெனிக் குளுக்கோசைட் என்சைம் சையனைட்

I தனித் தொதுங்குதல் விதி

ஜீனோடைப்புகள்	AABB	AABb	AaBB	AaBb	AAbb	Aabb	aaBB	aaBb	aabb
1. Aயும் Bயும் இடைநிலையில் இருத்தல்	1	2	2	4	1	2	1	2	1
2. Aஇடை நிலையிலும் B ஓங்கியும் காணுதல்	3		6		1	2		3	1
3. Aயும் Bயும் ஓங்கிய நிலை (Typical)			9		3			3	1
4. aa இரண்டும் Bஅல்லது bக்கு மேலாட்சி நிலை (ஒடுங்கும் மேலாட்சி)			9			3		4	
5. Aஆனது B அல்லது bக்கு மேலாட்சிநிலை(ஓங்கும்மேலாட்சி)				12				3	1
6. bb இரண்டும் A அல்லதுaக்கு மேலாட்சிநிலை (நிகர் ஒத்த ஒடுங்கிய மேலாட்சி)			9				7		
7. Aஆனது B அல்லது bக்கு மேலாட்சி நிலை Bஆனது A அல்லது aக்கு மேலாட்சி நிலை (நிகர் ஒத்த ஓங்கிய மேலாட்சி)				15					1
8. ஓங்கும் மேலாட்சி				13				3	
9. நிகர் ஒத்த ஓங்கும்மேலாட்சி			9				6		1

II பிரிதல் விதி

10. ஓங்கும் அல்லீல்கள் சேர்ந்தால் இறத்தல் (லீத்தல்ஜீன்கள்)	2:1	

மெண்டலின் தனித்தோங்குதல் விதி :

" கை மடங்கு சோதனை " (Chi Square Test)

ஒன்று அல்லது அதற்கு மேலான அல்லீல்களின் சோடிகளை கலவி (cross) செய்தால் அவைகளின் முடிவை முன் மதிப்பிட்டு டுரைக்க முடியும். 2-ம் சந்ததிகளின் விகிதம் 9:3:3:1 என்று முன்பே கூறினோம். இதை புள்ளித் தொகுப்பியல் முறைப்படி (statistics) அடைவதற்கு ''கை மடங்கு'' (Chi Square) என்று பெயர் (X^2). கொடுக்கப்பட்டுள்ள எந்த விகிதத்தையும் (ratio) அந்த அட்டவணை புள்ளி விவரங்களை (data) கொண்டு தகுதியின் பொருத்தத்தை (goodnees of fib) கூறலாம். இச்சோதனைக்கு " கை மடங்கு சோதனை " என்று பெயர்.

X^2 சோதனையில், முதலாவதாக முன் மதிப்பிட்டு விகிதத்தை நிர்ணயிக்கவேண்டும். அடுத்தபடியாக கிடைத்த புள்ளி விவரங்களை (data) எவ்வாறு அந்த விகிதத்தில் பொருந்துகின்றன என்று காணவேண்டும். எவ்வளவு விலகிச் சென்றுள்ளது. நிகழ்ச்சித் தகவைக் (probability) கொண்டு, கிடைத்த விகிதமும், முன் மதிப்பீட்டு விகிதமும் எவ்வாறு வாய்ப்பினால் (chance) விலகிச் சென்றுள்ளன என்பதை நிர்ணயிக்க வேண்டும். இதுவே X^2 சோதனையாகும்.

நிகழ்ச்சித்தகவு (probability = P) சோதனையினால் தற்செயலாக அடைந்த விகிதம், 100ல் 5க்கு குறைவாக இருந்தால் (P = 0.05), முன் மதிப்பீட்டிற்கும் கண்டறிந்த விகிதத்திற்கும் உள்ள விலகல் (deviation) குறிப்பிடத்தக்கதாகும் (significant). நிகழ்ச்சித்தகவு 100ல் அல்லது குறைவாக இருந்தால் இவ் விலகல் மிகவும் குறிப்பிடத்தக்கதாகும் (highly significant). Pயின் மதிப்பு 0·05க்கு மேல் இருந்தால், புள்ளித் தொகுப்பியல்படி (statistics) குறிப்பிடத் தக்கதல்ல. அது தற்செயல் நிகழ்ச்சியாகும்.

டுரோசோபைலாவில் 2ம் தலைமுறையில் கிடைத்த எண்களை X^2 சோதனைக்கு எடுத்துக் கொள்வோம்.

மரபு வழியமைப்பு	தோற்ற வழியமைப்பு	எண்கள்
$\left[\frac{+}{vg} \quad \frac{+}{e}\right]$	+ சாதாரணம் (normal)	2834
	vg (vestigeal wing) எஞ்சிய இறகு	920
	e எப்னி நிறம் (ebony)	951
	vge எஞ்சிய இறகு, எப்னி நிறம் (vestigeal ebony)	287
	மொத்தம்	4992

1. **கொள்கை :** கண்டறிந்த தோற்ற வழியமைப்பு (observed phenotype ratio) மதிப்பீட்டு தோற்ற வழி விகிதத்தை (predicted phenotype ratio) ஒத்திருக்கிறது.

$9/16+ \; : \; 3/16\text{vg} \; : \; 3/16\text{ e} \; : \; 1/16\text{ vge}.$

2. **எதிர்பார்த்த அல்லது மதிப்பீட்டு விகிதம் :** மொத்த எண்ணிக்கை 4992ஐ 16ல் வகுத்தால் கிடைப்பது vge பூச்சிகளாகும். அதனுல் மற்ற வகைப் பூச்சிகளைக் கணக்கிட்டால் கிடைப்பது.

$$9 \times 312 = 2808$$

$$3 \times 312 = 936$$

3. கண்டறிந்ததற்கும் எதிர்பார்த்ததற்கும் உள்ள விகிதங்களும் X^2 கணக்கீடும் :

	+	vg	e	vge	மொத்தம்
கண்டறிந்தது	2834	920	951	287	4992
எதிர்பார்த்தது	2808	936	936	312	4992
விலகல் (D)	26	16	15	25	—
D^2	6·76	256	225	625	—
D^2/E	0·24	0·27	0·24	2·00	—

$X^2 = 2{\cdot}75$; df = 3 ; P = 0·50—0·30

4. **P மதிப்பு** : கீழே கொடுக்கப்பட்ட அட்டவணை மூலம் X^2ன் மதிப்புக் கண்டு கொள்ளல்.

X^2க்கும் Pக்கும் உள்ள தொடர்பு தான் எண்களின் உரிமைப் படிகள் (degrees of freedom). பல்வேறு மரபுவழி அமைப்புகளின் மொத்த வகைகளின் எண்ணிக்கை N என்றால் உண்மைப்படிகள் (df) N-1க்கு சமம். வகைகளின் எண்ணிக்கை அதிகமாக இருந்தால் உண்மைப்படிகள் (degrees of freedom) அதிகமாகும். 4 வகை மரபுவழி அமைப்புகள் இருந்தால், (4—1 = 3 degrees of freedom) உண்மைப்படிகள் 3க்கு சமமாகும். அதாவது 4 மரபு வழி அமைப்பு வகைகளில் 3க்கு எதிர்பார்த்த எண்களின் மதிப்பை (கொடுக்கப்பட்ட மொத்த நபர்களிலிருந்து) கழித்து கணக்கிடப்பட்டால் மீதமுள்ளது 4வது எண்ணின் மதிப்பாகும் (set). மேலே கொடுக்கப்பட்ட எடுத்துக்காட்டில் 4 வகைகள் உள்ளன. அவைகளின் மொத்தம் 49੭2. முதல் மூன்றிற்கும் எதிர் பார்த்த மொத்தம் 4680. நான்காவது வகை 4992—4680 = 312க்கு சமம்.

$X^2 = 2.75$ என்றால் 3 உண்மைப்படிகள் (degrees of freedom) அட்டவணையிலிருந்து கிடைத்த Pயின் மதிப்பு 0.30க்கு மேலும் 0.50க்கு குறைவாகவும் இருக்கும். 100க்கு 30 முதல் 50வரை அல்லது கண்டறிந்ததற்கு குறைவாக விலகலின் வாய்ப்பை (chance of deviation) எதிர்பார்க்கலாம். 0.05க்கு மேல் Pயின் மதிப்பு

இருப்பதினுலும், 9:3:3:1 விகிதத்திற்கு கண்டறிந்த முடிவும் இருசோடி அல்லீல்களின் தனித் தோங்குதலுக்கு எதிர்பார்க்கும் எண்ணிற்கு ஒத்திருக்கிறது.

பகுதி இணைவு (Partial Linkage)

பிரிதல் நியதிக்கு (Law of Independence) முதன் முதலில் விதி விலக்கைக் கண்டவர்கள் பேட்டிசன், சாண்டர்ஸ், பன்னட் (Batesson, Saunders, Punnet) ஆவார்கள். இனிப்புப் பட்டாணியில் (Sweet pea, Lathyrus odoratus) சோதனை செய்த போது இரண்டாம் தலைமுறையில் (F_2) மொத்தம் 381 செடிகளில் 305 ஊதாநிறப் பூவிதழ்களுடையனவாகவும் (purple coloured petals), 76 சிவப்பு நிறமுடையனவாகவும் இருந்தன. இவ்வெண்கள் 3:1 என்ற விகிதத்தில் அமையவில்லை. ஊதா நிறம், சிவப்பு நிறத்தை விட்டு பிரிந்து காணப்படுவதற்கு ஒரு ஓங்கும் அல்லீல் இருப்பதே காரணம். மகரந்தப் பொடிகளின் அமைப்பிலும், நீளம், உருண்டை போன்ற வேறு சில குணங்களிலும் வேறுபாடுகள் காணப்பட்டன. அச் சோதனைகளிலும் 3:1 விகிதம் சரியாகப் பொருந்தவில்லை.

இந் நான்கு குணங்களையும் அடிப்படையாகக் கொண்டு நிகழ் வெண்களைச் கண்டனர் (frequency). முன் கண்ட முடிவுகளுடன் ஒத்திட்டுப் பார்த்ததில் கீழ்க்கண்ட முடிவுகள் கிடைத்தன.

284 (74.6%) ஊதா பூக்கள், நீள மகரந்தம்
21 (5.5%) ஊதா பூக்கள், உருண்டை மகரந்தம்
21 (5.5%) சிவப்பு பூக்கள், நீளமகரந்தம்
55 (14.4%) சிவப்பு பூக்கள், உருண்டை மகரந்தம்

அதே முறையில் சேர்க்கை நிகழ்த்திய போது (crossing = ஊதா நீளம் × சிவப்பு உருண்டை) சுமார் 6952 இரண்டாம் தலை முறைகளில் கிடைத்த முடிவுகள்.

4831 (69.5%) ஊதா நீளம்
390 (5.6%) ஊதா உருண்டை
393 (5.6%) சிவப்பு நீளம்
1338 (19.3%) சிவப்பு உருண்டை (பன்னட் 1917)

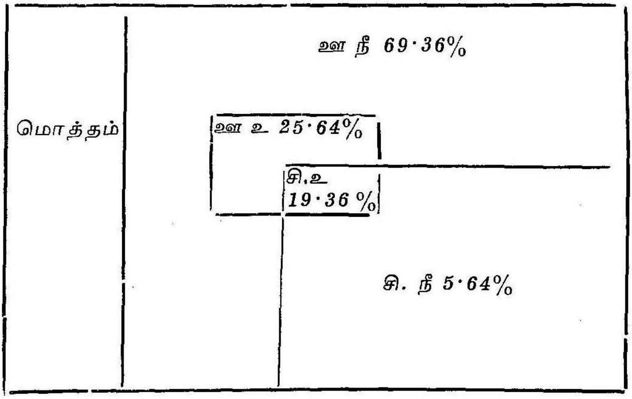
இவ்வெண்களை ஆய்ந்தால் நிகழ்வெண்கள் வேறுபட்டுக் காண்பதும், மெண்டலின் நியதிப்படி 3:1 விகிதத்தில் அமையவில்லை என்றும் தெரிகிறது. இதையே ஹேல்டேன் (Haldane 1919) விளக்கிய போது பகுதி இணைவை உறுதிப்படுத்தினர்.

(i) தனித்தனி நிகழ்வெண் (Individual Frequency)

முதலாம் சந்ததிகளின் ஒவ்வா கருமுட்டை செல் (Heterozygote)		மகரந்தம் (Polien) ஊ நீ 4·4	ஊஉ 0·6	சிஉ 4·4	சி நீ 0·6
முட்டை	ஊ நீ 4 4	19·36%	2·64%	19·36%	2·64 /.
செல்கள்	ஊ உ 0·6	2·64%	0·36%	2·64%	0·36%
(egg cells)	சி உ 4·4	19·36%	2·64%	19·36%	2·64·/.
	சி நீ 0·6	2 64%	0·36%	2·64 /	0·36%

Purple—ஊதா-P-ஊ
Long—நீளம் L-நீ
Red—சிவப்பு-P-சி
Round—உருண்டை l-உ
[PL, PL, Pl, pl]
ஊநீ, சிநீ, ஊஉ, சிஉ

(ii) தொகுப்புகள் (Totals)



முதல் தலை முறையில் (F_1) செடிகளில் நான்குவகை சேர்க்கை குணங்கள் காணப்படுகின்றன. ஊதா (P), சிவப்பு (p), நீளம்(L) உருண்டை (l) யாவும் சமநிகழ்வெண்களில் உண்டாவதில்லை. ஆனல் உயர்நிலை நிகழ்வெண்களில் நிகழ்கின்றன. அதாவது முறையே ஊ நீ, சிஉ (PL, pl) 44%, 6% என்றவாறு காணப் படுகிறதேயன்றி மெண்டல் கண்ட 25% நிகழ்வதில்லை என்று விளங்குகிறது,

Table of X^2 (Chi-square)

h	p= ·99	·98	·95	·90	·80	·70	·50	·30	.20	·10	·05	·02	·01
1	·000157	·00628	·00393	·0158	·0642	·148	.455	1·074	1·642	2·706	3·841	5·412	6·635
2	·0201	·0404	·103	·211	·446	·713	1·386	2·408	3·219	4·605	5·991	7·824	9·210
3	·115	·185	·352	.584	1·005	1·424	2·366	3·665	4·642	6·251	7·816	9·837	11·345
4	·297	·429	·711	1·064	1·649	2·195	3·357	4·878	5·989	7·779	9·488	11·668	13·277
5	·554	·752	1·145	1·610	2·343	3·000	4·351	6·064	7·289	9·236	11·070	13·388	15·086
6	.872	1·134	1·635	2·204	3.070	3·828	5·348	7·231	8·558	10·645	12·592	15·033	16.812
7	1·239	1·564	2·167	2·833	3·822	4·671	6·346	8·383	9·803	12·017	14·067	16·622	18·475
8	1·646	2·032	2·733	3·490	4·594	5·527	7·344	9·524	11·030	13·362	15·507	18·168	20·090
9	2·088	2·532	3·325	4·168	5·380	6·393	8·343	10·656	12·242	14·684	16·916	19·679	21·666
10	2·558	3·059	3·940	4·865	6·129	7·267	9·342	11·781	13·442	15·987	18·307	21·161	23·209

Abridged from Table III of Fisher & Yates

7. பல்கூட்டு ஆக்கக்கூறுகள்

(Multiple Factors)

முதன் முதலாக ஜீன் (gene) கோட்பாட்டை விளக்கியவர் மெண்டல் ஆவார். பட்டாணி போன்ற தாவரங்களினுல் அவர் எளிதில் அதை விளக்கினுர். ஆனுல் எல்லா வேறுபாடுகளும் இவருடைய விதிகளில் அடங்குவதாக இல்லை. மனிதனின் உடற் கட்டு, எடை, கூர்மை போன்றவை, தாவரங்களில் பழவிதை களின் எண்ணிக்கை, விலங்குகளின் முட்டைகள், பால் அல்லது மாமிசம் முதலியவற்றின் அளவு போன்றவை மேற்கூறிய மெண் டலின் விதிகளில் அடங்குவதில்லை. இக் குணங்கள் யாவும் அளவு சார்ந்தவையேயன்றி (quantitative) பண்பு சார்ந்தவையல்ல (qualitative). இவற்றில் எல்லா வித ஏற்ற இறக்கமுமுண்டு. ஆகையால் பண்புகள் பிரிவதோ, தனித்தொதுங்குவதோ இன்றி நன்கு கலந்துள்ளன.

இவ்வாறுன அளவு சார்ந்த பண்புகள் பற்றி நில்சன்-ஈல் (Nilsson-Ehle *1908*) என்ற சுவீடன் நாட்டு மரபியல் வல்லுநரும் ஈஸ்ட் (East *1910, 1916*) என்ற அமெரிக்க நாட்டவரும் கூறி யுள்ளதாவது: இங்குப் பல ஜீன்கள் சேர்ந்து வேலை செய்கின்றன ; அவை ஒன்றறக் கலந்துள்ளன (blending). மேதர் (Mather) என்ற ஆங்கில நாட்டவர் அளவியல் முறைகளினுல் (statistical methods) விளக்கும் போது அவற்றிற்குப் பல் கூட்டு ஜீன்கள் காரணம் என்று கூறுகிறுர். அப் பல்கூட்டு ஜீன்களுக்குப் "பாலி ஜீன்கள்" (polygenes) என்று பெயரிட்டார்.

நீக்ரோ — வெள்ளையர்கள் கலவை

டேவன் போர்ட் (C. B. Davenport) என்பவர் நீக்ரோ வெள்ளையர்களின் (Negro-White) நிற வேறுபாட்டைப்பற்றி ஆராய்ந்ததில் கீழ்க்கண்டவாறு விளக்கியுள்ளார். இவ்விருவர்

களின் கலப்புத் திருமணத்தினல் அவர்களுக்குப் பிறக்கும் குழந்தைகள் கறுப்பு முதல் வெள்ளை வரை படிப்படியான நிறத்தில் தோன்றினர்கள். இவ்வேறுபாடுகளுக்கு ஜீன்களின் குணங்களின்றி எவ்வளவு நிற ஜீன்கள் இருக்கின்றன என்பதே முக்கியமாகும். இங்கு அல்லீல் சோடிகள் ஓங்கு நிலையிலும் (dominance) இல்லை. மரபுக் கொழுந்துகள் கறுப்பு முதல் வெள்ளை வரை இடைத்தர நிறத்துடனும் காணப்படும். (குறிப்பு: இங்குக் கையாளப்படும் பெரியதும் சிறியதுமான எழுத்துக்கள் ஓங்கும் அல்லது ஒடுங்கும் ஜீன்களைக் குறிப்பதில்லை.) எந்த லோகசில் இருந்தாலும் எந்த இரு ஜீனும் சம அளவு பலனையே (நிறத்தையே) கொடுக்கும். படிப் படியாகத் திரண்டு வந்த ஜீன்களின் திரட்சிக்குக் குமிலேட்டிவ் ஃபேக்டர்கள் (cumulative factors) அல்லது பல்கூட்டு ஃபேக்டர்கள் (multiple factors) என்று பெயர்.

எடுத்துக்காட்டாக நீக்ரோ-வெள்ளையர்களின் கலப்புத்திரு மணத்தில் பிறக்கும் குழந்தைகளைப்பற்றி ஆராய்வோம். சுத்த கறுப்பு நிறத்திற்கு அவரிடம் $\frac{A\ B}{B\ B}$ ஜீன்களும் வெள்ளையரிடத்தில் $\frac{a\ b}{a\ b}$ ஜீன்களும் இருக்கின்றன. நடுத்தரமான அளவு ஜீன்களைக் கொண்ட ஹைபிரிட் ஜீனேடைப் $\frac{a}{A}\ \frac{b}{B}$ ஆகும். பெரிய எழுத்துக் களால் இரு ஜீன்கள் குறிப்பிடப்பட்டிருக்கின்றன. இந்த ஜீனேடைப்பைக் கொண்டவருக்கு முலாட்டோ (Mulatto) என்று பெயர். இவர்களுடைய நிறம் கறுப்பும் வெள்ளையும் கலந்ததாகும். அதாவது நடுத்தரமான நிறமாகும் (படம் 35).

இதில் முலாட்டோ என்பவர்கள் $\frac{a}{A}\ \frac{b}{B}$ இரு லோகஸ் களில் ஹைபிரிட்களாவர். இவர்கள் நான்குவகை இனச்செல்களை உண்டாக்குகிறுர்கள். அவையாவன AB, Ab, aB ab. இரு முலாட்டோக்கள் புணரும்போது அவர்களுடைய இனச் செல்கள் 16 வகையான முறையில் இணைக்கின்றன. இவை சேரும் வகையில் $\frac{A\ B}{AB}$ யும் உண்டாகின்றன. இதிலுள்ள விந்துவிலும் அண்டத் திலும் AB இருக்கின்றன. ஆகையால் இவர் அதிகக் கறுப்பாக இருப்பார். $\frac{a\ b}{a\ b}$ சேர்க்கையும் நிகழ்கிறது. இச் சேர்க்கையில் a b இரண்டும் விந்துவிலும் அண்டத்திலும் இருப்பதால் இவர் வெள்ளை யாக இருப்பார். $\frac{A\ B\ a\ b}{A\ B\ b\ b}$ ஆகிய இரண்டும் இறுதி நிலையில்

கறுப்பு   வெள்ளை
AABB   ×   aabb

இனச் சொல்   AB   ab

AaBb × AaBb
முலாட்டோ   முலாட்டோ

1-ம் த.மு இனச் சொல்கள்

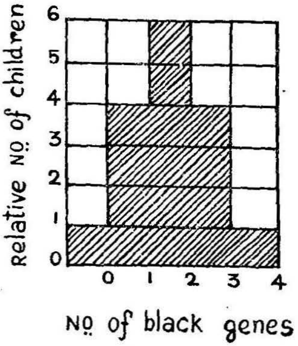
	AB	AB	aB	ab
AB	AABB	AABb	AaBB	AaBb
Ab	AABb	AAbb	AaBb	Aabb
aB	AaBB	AaBb	aaBB	aaBb
ab	AaBb	Aabb	aaBb	aabb

படம் 35.
முலாட்டோ தலைமுறைகள்.

இருப்பவையாகும். மற்றவை இடை நிலை நிறங்களாகவும், எவ்வளவு கறுப்பு ஜீன்கள் (பெரிய எழுத்துக்கள்) இருக்கின்றனவோ அவ்வளவைப் பொறுத்தும் காணப்படும். இரு கறுப்பு இரு வெள்ளை நிற ஜீன்கள் மத்திய நிறமாக இருக்கும். $\frac{a}{A}\ \frac{b}{B}\ \frac{A\ b}{A\ b}\ \frac{a}{a}\ \frac{B}{B}$ ஆகிய மூன்றிலும் இரு கறுப்பு ஜீன்களே உள்ளன. மூன்று கறுப்பு ஒரு வெள்ளை ஜீன்கள் இருந்தால், இடை நிலை முலாட்டோக்களைவிடக் கறுப்பாக இருப்பார்கள். மூன்று வெள்ளை ஒரு கறுப்பு ஜீன்களையுடையவர்கள் முலாட்

டோக்களைவிடச் சற்று வெள்ளையாக இருப்பார்கள். கறுப்பு நிறத்தை வரையரையாகக் கொண்டால் ஐந்து வகைகள் உள்ளன. நான்கு கறுப்பு ஜீன்கள் உள்ளன, மூன்று கறுப்பு ஜீன்கள் உள்ளன, இரண்டு கறுப்பு ஜீன்கள் உள்ளன, ஒரு கறுப்பு ஜீன் உள்ளது, கடைசியாகக் கறுப்பு ஜீன் இல்லாதவை என்பவையாகும்.

No. of black genes	0	1	2	3	4
Relative No. of children	1	4	6	4	1



படம் 36.
நீக்ரோ வெள்ளையர்களின் 2ஆம் தலைமுறைகள்.

குடும்பம் பெரியதாக இருந்தால் மேற்கூறிய ஐந்துவகைக் குழந்தைகளையும் (F_1, F_2 சந்ததிகளிலும்) அக் குடும்பத்தில் காணலாம். குறைந்தது 16 குழந்தைகள் இருந்தால் அவற்றில் ஒவ்வொன்று இறுதிநிலையில் காணப்படும். சிறுகுடும்பத்தில் இறுதிநிலைகள் காண்பது கடினம் (படம் 36). சராசரி 16ல் 6 குழந்தைகள் முலாட்டோக்களாக இருப்பார்கள். அடுத்து அதிகமாகக் காண்பவர்கள் கறுப்பு ஜீன்கள் மூன்று கொண்டவர்களும், ஒரு கறுப்பு ஜீன் கொண்டவர்களுமாவார்கள். 16ல் 4 குழந்தைகள் இவ் வகையாவார்கள். இறுதியாக இரண்டு இறுதி நிலை வகைகளான நான்கு கறுப்பு ஜீன்களுடைய அல்லது கறுப்பு ஜீன்களற்ற குழந்தைகள் காணப்படுவர்.

சுருக்கமாக 2 ஆம் தலை முறையில் கறுப்பு ஜீன்கள் உள்ளவர்களைக் கொண்டு பார்த்தால் 1:4 : 6: 4 : 1 என்ற விகிதத்தில்

இருப்பது தெரியவரும். இதில் முதல் வகையில் கறுப்பு ஜீன் இல்லாமலும், இரண்டாவது ஒன்றும் ஆக இருப்பதைக் காணலாம். படம் 43 இவற்றைச் சுருக்கி விளக்குகின்றது.

மேற்கூறிய நீக்ரோ-வெள்ளையர் இணைவு முறையைக் "கலப்புத் தலைமுறையுரிமை மரபு வழியடைதல் (blended inheritance) என்று குறிப்பிடுவது வழக்கம். இது மெண்டலின் தலைமுறையுரிமைக்கு முற்றிலும் வேறுபட்டதே. முலாட்டோக்கள் இடைநிலை நிறத்தைப் பெற்றிருந்தாலும் அவர்களுடைய ஜீன்களும் இடைநிலையிலுள்ளன என்று கூற முடியாது. ஏனெனில் நிறம் என்பது ஒன்று, அவனுடைய ஜீன் என்பது வேறு. மெண்டலின் விதிகள் ஜீன்களுக்குப் பொருந்தும். ஆனால் மூலக்கூறுகளுக்கல்ல (traits). இருந்தாலும்கூட உண்மையான மெண்டலின் கொள்கைக்கு ஹைபிரிட்டுகளிலிருந்து அல்லீல்கள் பிரிவது ஒத்தே இருக்கிறது. மெலானின் (Melanin) என்ற துகள்களின் அளவைப் பொறுத்தே நிறம் அமைகிறது. மெலானின் ஜீன்களினாலும் ஹார்மோன்களினாலும் ஆளப்படுகிறது.

அளவுசார்ந்த தலைமுறை யுரிமை அல்லது மரபு வழியடைதல் :

புகையிலை போன்ற தாவர வகைகளில் பயன்படுத்தி நீண்ட பூக்களைப் பயிர் செய்கிறார்கள். நார்வே ரகப்புகையிலைப் பயிருடன் ஜப்பான் ரகப்பயிரைப் கலந்து பல்கூட்டு ஆக்கக் கூற்றலவு தலைமுறையுரிமையின் வழியில் கொண்டுவருகிறார்கள்.

முயலின் காது நீளங்களுக்கும், சோளக் கதிரின் நீளத்திற்கும் இம்முறையையே கையாளுகிறார்கள். ஆடு மாடுகளின் தோல் நிறங்களுக்கும் காரணம் பல்கூட்டு ஆக்கக்கூறேயாகும். சில மாடுகளின் திட்டுத்திட்டான நிறங்களுக்கும் கூடப் பல்கூட்டு ஆக்கக்கூறுகளே காரணமாகும். நிறத் திட்டுக்களின் அளவும், அளவு சார்ந்த மரபு வழியைச் சேர்ந்ததே. டுரோசோஃபைலா என்ற பழப்பூச்சியின் கண்ணின் நிறமும் பல்கூட்டு ஆக்கக் கூற்றைப் பொறுத்திருக்கின்றன என்று கண்டுள்ளார்கள்.

8. பல்கூட்டு அல்லீல்கள்

(Multiple Alleles)

மெண்டலின் கொள்கைப்படி ஒரு குறிப்பிட்ட லோகசில் இருவகை ஜீன்கள் காணப்படும். ஒன்று நிலையான திடீர் மாற்ற (மியூட்டண்ட்) ஜீன் (mutant gene) பட்டாணியில் வெள்ளை பூக்கள். மற்றொன்று அதனுடைய சாதாரண (நார்மல்) ஜீன் (normal gene)-சிவப்புப்பூ. ஏன் அந்தச் சாதாரண ஜீன் ஒரு வகைக்கு மேல் (மற்ற எளிய நிறங்களாக) நிலையான திடீர் மாற்ற முறையில் மாறக்கூடாது? அந்த லோகஸ் இரண்டு அல்லது அதற்கு மேலும் நிலையான திடீர் மாற்றமுறையில் மாறக்கூடும்.

இரட்டை எண் செல்லாக இருந்தால் ஒவ்வொரு வகைக்கும் இரு குரோமோசோம்கள்தாம் இருக்கும். ஆகையால் ஒரு குறிப்பிட்ட லோகசில் இரு ஜீன்களுக்கு மேல் இருக்க முடியாது. ஆகவே ஒரு குறிப்பிட்ட நபரின் ஒரு லோகசில் இரு வகை ஜீன் களுக்கு மேல் இருக்க முடியாது. ஒரு நபருக்கு மேல் அதிகமாக எடுத்துக் கொண்டால், அந்த லோகசில் இருவகை ஜீன்களுக்கு மேல் இருக்கும்.

மூன்று அல்லது அதற்குமேல் ஜீன் வகைகள் ஒரே லோகசில் அமையப் பெற்றால் அவற்றைப் பல்கூட்டு அல்லீல்கள் (Multiple Alleles) என்று கூறுவதுண்டு.

பல்கூட்டு அல்லீல்கள், பல்கூட்டுக் கூறுகளை (multiple factors) ஒத்தவை என்று கொள்ளக்கூடாது. பல்கூட்டு அல்லீல்கள் மேற்கூறியதுபோல் ஒரே லோகசில் உள்ள ஜீன்களைக் குறிக்கும். ஆனால் பல்கூட்டுக் கூறுகள் வெவ்வேறு லோகசில் உள்ள ஜீன்

களைக் குறிப்பதுடன், படிப்படியாகச் சேர்த்துக் காணக்கூடிய ஜீன்களையும் (AB ஜீன்கள் நீக்ரோவிடமும், ab ஜீன்கள் வெள்ளையர்களிடமும்) குறிக்கும்.

பல்கூட்டு அல்லீல்களைச் சில உதாரணங்களுடன் இங்கு விளக்கு வோம். டுரோசோபைலா என்ற பழப்பூச்சிக்குச் சாதாரண மாக நீண்ட இறகுகள் காணப்படும். அவற்றிற்கு இரு நிலையான திடீர் மாற்றங்களினால் எஞ்சிய இறகுகளும் (Vestigeal wings), ஆண்ட்லர்டு இறகுகளும் (Antlerd wings) உண்டாயின. இவ் விரு வகையான இறகுகள், இருவெவ்வேறு பூச்சிகளின் ஒரே லோகசில் ஏற்பட்ட நிரந்தர மாற்றத்தினால் (mutation) உண் டாயின.

ஒரே லோகசில் ஏற்பட்டதினால் இவ்விரண்டும் சாதாரண ஜீன்களுக்கும் ஒன்றிற்கொன்றும் அல்லீல்களாகின்றன. இவ்விரு மியூட்டேஷன்களும் சாதாரண ஜீன்களின் ஒடுங்கும் அல்லீல் களாக (recessive genes) இருக்கின்றன. இதை விளக்க இவற்றைச் சாதாரணப் பூச்சிகளுடன் புணரச்செய்தால் 1-ஆம் தலைமுறையில் வரும் மரபுக் கொழுந்துகள் சாதாரணமாகக் (normal) காணப்படுவதிலிருந்து விளங்கும். கொலம்பியா பல் கலைக் கழகத்தை சேர்ந்த டி. எச். மார்கன் (T. H. Morgan) என்பவர் தாம் செய்த, தூண்டும் நிலையான திடீர்மாற்ற முறை யினால் (induced mutation) பல்வேறு நிறக் கண்களுள்ள பழப் பூச்சிகளை உண்டாக்கினார். சாதாரணமான கண் நிறம் சிவப் பாகும். வெள்ளை நிறமும், இயோசின் (eosin) நிறமும், தேன் (honey) நிறமும், தந்த (ivory) நிறமும், முத்து நிறமும் (pearl) என்று பல உண்டாயின. இவையாவும் ஒடுங்கும் ஜீன்களின் சேர்க்கையேயாகும். இது நிலையான திடீர் மாற்றம் உண்டாகும் வழியைக் காட்டுகிறது. இப்படத்தை ஒழுங்குபடுத்தியவர் குலிக் (Gulick) என்பவராவார். இதன்படி w என்ற எழுத்து வெள்ளை நிறக் கண்ணையும், W என்பது சிவப்பு நிறக்கண்ணையும் (wild type) குறிக்கின்றன. ஒவ்வொன்றும் கண்டுபிடிக்கும் போது யாவும் சிவப்பிற்கு (ஓங்கும் ஜீன்) ஒடுங்கிய ஜீன்களாகவே தெரிய வந்தன. ஆகையால் அவற்றை, W என்ற எழுத்து ஒரே லோகசைக் குறிக்கவும். பல்வேறு நிறங்களை அவ்வெழுத்தின் தலையின் வலப்புறம் அதற்குத்தக்க எழுத்துக்களால் குறிக்கவும் பட்டன.

W சிவப்பு (red), Ww=பழரசம் (wine), Wco=பவழம் (coral); Wbi=இரத்தம் (blood); Wa=எப்ரிககட் (Apricat)

We = இயோசின் (eosin); Wp = முத்து (pearl); Wi = தந்தம் (ivory); W = வெள்ளை (white)

இவ்வாறே முயல்களின் தோல் நிறங்களும், பல்கூட்டு அல்லீல்களால் உண்டாகின்றன. முயலின் சாதாரண (normal) நிறம் பழுப்பாகும் (brown). இதிலிருந்து பலநிறங்கள் மியூட்டேஷனால் உண்டாயின. ஆல்பினோ வெள்ளை (albino) நிறம், இமாலயன் நிறம் (a^h-Himalayan) போன்றவை உண்டு. இவ்விரண்டும் ஒரே லோகசில் இருக்கின்றன. அதனுடன் ஒடுங்கும் அல்லீல்களாகவும் இருக்கின்றன. ஓங்கும் அல்லீல் இங்குப் பழுப்பு (brown) ஆகும். எடுத்துக்காட்டாக இவற்றின் சந்ததிகளைப் பற்றிக் கூறலாம்.

ஆல்பினோ × இமாலயன்

Albino × Himalayan

	a^h	a
a^h	a^h a^h	a a^h
a	a^h a	a a

P (பெற்றோர்) a/a × a^h/a^h

F_1 மரபுக் கொழுந்து a/a^h இமாலயன்

தன் இனப்பெருக்கமுறை (in breeding)

F_2 மரபுக் கொழுந்துகள் — $1a^h/a^h$: $2\ a^h/a$: $1a/a$

(இமாலயன்) (இமாலயன்) ஆல்பினோ)

அல்லது 3 இமாலயன் : 1 ஆல்பினோ

சுண்டெலிகளில் குறைந்தது இருவரிசை நிறப் பல்கூட்டு அல்லீல்கள் இருக்கின்றன. ஒன்று ஆல்பினோ வரிசையாகும் (Albino Series). இதில் சாம்பல் (grey) சாதாரண நிறமாகவும், வெள்ளை அல்லது ஆல்பினோ நிறமாகவும் (a), அடுத்து மத்திய சாம்பல் நிறமாகவும் (a^n Albino medium), இறுதி வெள்ளை நிறமாகவும் (a^e Albino extreme light) இருக்கின்றன. இம்மூன்று மியூட்டேஷன்களும், ஒடுங்கும் அல்லீல்களே. இவ்வாறே கறுப்பு மஞ்சள் (y) வரிசையிலும், சாம்பல் (Grey), கறுப்பு (b), எளிய சாம்பல் வயிறு (light grey belly G^L), எளிய கறுப்பு வயிறு (light black belly b^L (போன்றவையும் உண்டு.

பல் வண்ணத் தோற்ற ஓங்குநிலை
(Mosaic Dominance)

பல் கூட்டு அல்லீல்கள் பல நிறத் தனிக்கூறுகளை (traits) அல்லது உடற் பாகங்களைப் பாதிப்பதுண்டு. ஸ்டேட்லர் (Steadler) என்ற விஞ்ஞானி. சோளத்தில் R என்ற ஜீனின் பல் கூட்டு அல் லீல்களின் வரிசை ஊதா நிறத்தை (ஆன்தோசையனின்) நிர்ண யிக்கிறது என்று கூறியுள்ளார். நான்கு அல்லீல்கள் கீழ்க்கண்ட பாதிப்புகளைக் காட்டுகின்றன.

R_r — நிறமுடைய விதை (அலூரான் = Aleurone) — நிற முடைய செடி.

R^g- நிறமுடைய விதை (அலூரான் = Aleurone)—நிறமுடைய செடி.

r_r - நிறமற்ற விதை (அலூரான் = Aleurone)—நிறமற்ற செடி.
r^g - நிறமற்ற விதை (அலூரான் = Aleurone)—நிறமற்ற செடி.

நிறமுடைய நிலை, நிறமற்றதின் ஓங்கு நிலையாகும், (dominant). R^g r^r செடிகளுக்கு நிறமுடைய அலூரானும், இலைகளும் தண்டுகளும் உண்டு. குறைந்தது இரண்டு உள்ள டங்கிய பாகங்களைக் (ஆக்கக்கூறு) கொண்டதுபோல் இந்த ஜீன்கள் பழகுகின்றன. ஒன்று அலூரான் நிறம், மற்றொன்று செடியின் நிறம். மேலும் அலூரான் நிறம் தனித்து நிரந்தரத் திடீர் மாற்றத்தை (mutation) உண்டு பண்ணுவதுபோல் இருக் கிறது. ஆனால் இவ்விரு வேறுபாடுகளும் தனித்து இயங்குவதில்லை.

மனிதனில் இரத்த வகுப்புக்கள்
(The Blood Groups in Man)

விபத்து ஏற்பட்டு மனிதர்கள் தங்கள் இரத்தத்தை இழக்கும் போது உயிருக்கே ஆபத்து நேரிடுகிறது. அவ்வமயம் பிறரு டைய இரத்தம் உடலினுள் செலுத்தப்பட்டால் உயிர் பிழைக்கமுடியும். பதினெட்டாம் நூற்றாண்டில் பிரான்சு நாட் டிலும், பிறகு இங்கிலாந்திலும் முதன் முதலாக இரத்த ஏற்றம் (Transfusion of Blood) செய்தார்கள். அது சிலருக்கு வெற்றி அளித்தது. பலருக்கு உயிரே போய் விட்டது. இதற்குக் காரணம் சிலருடைய இரத்தம் அளிப்போர் (donor) பெறுப வர்க்கு (recipient) ஒவ்வாததாக அமைந்து விடுவதுதான். அத னால் இரத்தம் பெற்றவர் உடனே இறந்து விடுகிறார். இரத் தத்தை வெளியில் எடுத்து இரத்தச் சோதனை செய்துப் பார்த்

தால் அவ்விருவருடைய இரத்தமும் ஒன்ருக ஒட்டிக் கொண்டு கெட்டியாகி விடுகிறது; அதாவது இரத்த அணுக்கள் ஒட்டிக் கொண்டு உறைந்து விடுகின்றன (agglutination). 1900-ஆம் ஆண்டு வரை இதற்குரிய காரணங்கள் தெரியாமல் இருந்தன. லாண்ட்ஸ்டீனர் (Landsteiner) என்பவர் முதன் முதலாக இரத்தச் செல்களைப் பிளாஸ்மாவிலிருந்து பிரித்து, திரும்பவும் சேர்த்துப் பார்த்தார். அவ்வமயம் அச் செல்கள் மெதுவாகச் சேருவதையும் கவனித்தார். ஆனல் ஒருவருடைய பிளாஸ்மாவை மற்ருெருவருடைய இரத்தச் செல்களுடன் சேர்த்த அக்கலப்புச் சில சமயங்களில் சேர்ந்தும், சில சமயங்களில் ஒன்ருேடொன்று பிணைந்தும் (clubbing) காணப்பட்டது. இம்முதல் சோதனையே இரத்த வகுப்புகளைக் (blood groups) கண்டறிய வழி செய்தது. இதனல் எல்லோருடைய இரத்தங்களையும் நான்கு வகுப்புக்களாகப் பிரிக்கலாம் என்ருர். இவற்றையே O, A, B, AB வகுப்புகள் என்று கூறுவதுண்டு. சுருக்கமாக ABO மண்டலம் (ABO system) என்று குறிப்பார்கள். அவர் நினைவாக ''லாண்ட்ஸ்டீனர் வகுப்புக்கள்'' (Landsteiner Groups) என்று கூடச் சொல்வதுண்டு. இவ்வகுப்புக்கள் யாவும் ஜீன்களினல் ஆளப்படுகின்றன.

இரத்த வகுப்புக்களின் மரபியல் பண்புகள் பற்றிக் கூறுவதற்கு முன் இரத்தத்தின் பொதுப் பண்புகள் பற்றிச் சற்று விளக்குவோம். தடைக்காப்புறுதி பெறுதல் (immunity) என்பது இரத்தத்தின் ஒரு வேலையாகும். இக்காப்புறுதி பெற இரத்தத்தில் எதிர் தோன்றி அல்லது ஆண்ட்டிஜென் (antigens), எதிர்ப் பொருள்கள் அல்லது ஆண்ட்டிபாடிகள் (antibodies) இருப்பதே காரணமாகும். ஆண்ட்டிஜென்கள் புரோட்டீனல் ஆனவை. இவை ஆண்ட்டிபாடிகளை உண்டாக்கத் தூண்டுகின்றன.

ஆண்ட்டிபாடிகள் என்பது விலங்கினங்களில், வெளி ஆண்ட்டிஜென்களுடன் பட்டதும் தோன்றும் பொருளாகும். இது குறிப்பிட்ட ஆண்ட்டிஜென்களுக்கு எதிர் செயல் புரியும். ஆண்ட்டிபாடி எதிர்ப்பை உண்டாக்கித் தடைக்காப்புறுதி பெறச் செய்கிறது. டைபாய்டு சுரம் வந்தாலோ, டைபாய்டு எதிர்ப்பு ஊசி போட்டுக் கொள்ளும் போதோ உடலில் அதற்கு எதிரான ஆண்ட்டிபாடிகள் உண்டாகின்றன. இவ்வாண்ட்டிபாடிகள் உடலில் இருக்கும் வரை டைபாய்டு கிருமிகள் உட் சென்ருல் உடலில் எதிர்ப்புத் தோன்றி அவற்றைக் கொன்று விடுகின்றன. இம்மாதிரியான வேலைகளுக்கு ஆண்ட்டிஜென் - ஆண்ட்டிபாடி எதிர் செயல்கள் (antigen-antibody-reaction) என்று பெயர்.

இம் முறையை அடிப்படையாகக் கொண்டு லாண்ட்ஸ்டீனர், இரத்தத்திலுள்ள சிவப்புக் கார்ப்பசில்களிடத்தில் தெளிவான இரண்டு ஆண்ட்டிஜென்கள் இருப்பதாகக் கண்டார். இவ்விரண்டையும் ''A'' என்றும் ''B'' என்றும் குறித்தார். O வகை இரத்தத்தில் AB ஆண்ட்டிஜென்கள் இல்லை. A வகுப்பு மனிதர்களிடத்தில் A ஆண்ட்டிஜெனும், B வகுப்பு மனிதர்களிடத்தில் B ஆண்ட்டிஜெனும், AB வகுப்பு மனிதர்களிடத்தில் இருவகை ஆண்ட்டிஜென்களும் இருக்கின்றன. வைத்தியத் துறையில் இவை மிகவும் பயன்படுகின்றன. ஒரே உடலில் ஆண்ட்டிஜென்களைப் பாதிக்கும் ஆண்ட்டிபாடிகள் இருப்பதில்லை. ஆனால் மற்ற மனிதரின் இரத்தத்தில் அம்மாதிரியான ஆண்ட்டிபாடிகள் இருக்கும். இதையே இரத்தம் கொடுக்கும் போது கவனிக்க வேண்டும். இரத்தக் கார்ப்பசில்களில் A,B அல்லது AB வகுப்புகளும், இரத்த பிளாஸ்மாவில் முறையே ஆண்ட்டி B யும், ஆண்ட்டி Aயும், ஆண்ட்டி A யும் Bயுமில்லாமலும் இருக்கின்றன. 'O' வகுப்பில் ஆண்ட்டி (எதிர்) Aயும், ஆண்ட்டி Bயும் இருக்கின்றன. ஆண்ட்டிஜென்-ஆண்ட்டிபாடி எதிர் செயல்களில் (antigen-antibody reaction) இரத்த அணுச் செல்கள் யாவும் ஒட்டித் திரளாகின்றன. (அக்ளுட்டினேஷன்-agglutination) சில ஆண்ட்டிபாடிகள் (பிரிசிபிட்டின்கள்-precipitans) புரதமுடைய ஆண்ட்டிஜெனுடன் சேர்ந்து உறையச் செய்கின்றன. சில எதிர் நச்சுக்கள் அல்லது விடமுறிவுகளாக்குகின்றன (antitoxins). இன்னும் சில லைசின்கள் (lysins) ஆண்ட்டிஜென்களைக் கரைத்து விடுகின்றன. இரத்த வகுப்புக்கள் பிரிக்கப்பயன்படும் ஆண்ட்டிபாடிகளுக்கு அக்ளுட்டினின்கள் (agglutinins) என்று பெயர். ஏனெனில் அவை இரத்தக் கார்ப்பசில்களை ஒட்டித் திரளாக்கும் தன்மையைப் பெற்றிருப்பதால் அவ்வாறு கூறுவதுண்டு. எந்த இரத்த வகுப்பைத் தாக்குகிறதோ அவ்வகுப்பின் ஆண்ட்டிஜெனுக்கு அக்ளுட்டினோஜென்கள் (agglutinogens) என்று பெயர்.

இரத்த வகுப்பைக் கண்டறிய ஒரு சொட்டு இரத்தத்தைத் தெரிந்த ஆண்ட்டி A, ஆண்ட்டி B சீரத்துடன் சேர்த்தால் அது ஒட்டிக்கொள்ளும் நிலையிலிருந்து தெரிந்து கொள்ளலாம். ஆண்ட்டி Aயுடன் ஒட்டிக்கொண்டு திரளானால், அளிப்பவரின் இரத்தம் A என்றும், ஆண்ட்டி Bயுடன் ஒட்டித் திரளானால் அளிப்பவரின் இரத்தம் B என்றும் தெரிந்துக் கொள்ளலாம். ஒட்டுத்திரள் (அக்ளுட்டினேஷன்) இரண்டிலும் ஏற்பட்டால், அளிப்பவரின் இரத்தம் AB என்றும், இரண்டிலும் ஒட்டுத்திரள் ஏற்படாவிட்டால் O என்றும் தெரிந்துக் கொள்ளவேண்டும். சோதனைக்குத்

தேவையான இரத்தச் சீரத்தைத் தெரிந்த இரத்த வகுப்பி லிருந்து எடுத்துக் கொள்ளலாம். B வகுப்பு இரத்தத்திலிருந்து ஆண்ட்டி Aயும், A வகுப்பு இரத்தத்திலிருந்து ஆண்ட்டி Bயும் தயாரித்துக் கொள்ள வேண்டும். இரத்த வகுப்புப் பிரித்தலை விளக்குகிறது.

பெறுபவர் (Recipient)

அளிப்பவர் (Donor)	O	A	B	AB
O	×	+	+	+
A	++	×	+++	+
B	++	+++	×	+
AB	++	++	++	×

விளக்கம் :

1. ++ = அளிப்பவரின் செல்களில் அடர்த்தியான அக்ளூட்டினேஷன்.
2. + = பெறுபவரின் செல்களில் எளிய அக்ளூட்டி னேஷன்.
3. +++ = அளிப்பவர், பெறுபவர் இருவருடைய செல் களிலும் அக்ளூட்டினேஷன் நிகழ்தல்.
4. × = அக்ளூட்டினேஷன் நிகழவில்லை.

இரத்த வகுப்புகளில் காணப்படும் ஆண்ட்டிபாடிகளை (சீரத்தில்) கீழ்க்கண்ட அடையாளங்களினுல் குறிப்பது வழக்கமாகும்.

இரத்த வகுப்புக்கள்	ஆண்ட்டிபாடி (சீரத்தில்)
O	OC B (or) ab
A	B (or) b
B	OC (or) a
AB	None

ab என்ற எழுத்துக்கள், O வகுப்பு இரத்தத்தில் A, B ஆண்ட்டிஜென்கள் இல்லை என்பதை உணர்த்துகின்றன. அதற்குப் பதிலாக இவ்விரண்டு ஆண்ட்டிஜென்களுக்கு எதிராக ஆண்ட்டிபாடிகளைப் பெற்றுள்ளன என்றும் தெரிவிக்கின்றன. அவ்வாறே Ab என்ற எழுத்துக்கள் (இரண்டாம் வகுப்பு) Aயில் ஆண்ட்டிஜென் Aயும், ஆண்ட்டிபாடி(b)யும் பெற்றுள்ளன என்றும், அதில் B ஆண்ட்டிஜென் இல்லை என்றும் உணர்த்துகிறது. இவ்வாறே மற்றவற்றிற்கும் காண்க. ab வகுப்பின் சீரத்தில் A,B ஆண்ட்டிபாடிகள் இருப்பதும், அதனுல் A (Ab), B (aB), AB வகுப்புகளின் கார்ப்பசில்கள் அழிக்கப்படுகின்றன என்பதும் தெரிகின்றன. ஏனெனில் ஒவ்வொன்றிலும் Aஅல்லது B அல்லது Aயும் Bயும் இருப்பதே காரணமாகும். ஆனுல் O (ab) வகுப்பு மனிதர்களின் இரத்தத்தில் A அல்லது B இல்லாதிருப்பதினுல், மற்ற மூன்று வகுப்புகளும், (A,B, AB) இதை அழிக்க முடியாது. A (Ab) வகுப்பு மனிதர்களின் இரத்தத்தில் b இருப்பதால் அதன் இரத்தச் சீரம் B கார்ப்பசில்களைக் கொண்ட AB, aB வகுப்புக்களை அழிக்கின்றன. Ab வகுப்புக் கார்ப்பசில்களில் A இருப்பதால் அவற்றை O (ab), B (aB) வகுப்புக்கள் அழிக்க முடியும். ஆனுல் பெரியது, சிறியதை ஒட்டிக் கொள்ள இயலாது. கீழே மேற்கூறியதின் சுருக்கத்தையும், ஜனத் தொகையில் உள்ள சதவீதத்தையும் காண்க.

இரத்த வகுப்பு	ஒட்டிக்கொள்ளச் செய்யும் கார்ப்பசில்கள்	எந்தச் சீரத்திஞல் ஒட்டிக் கொள்ளச் செய்கிறது	ஜனத் தொகையில் சதவிகிதம்
O	A, B, AB	None	37.3
A	B, AB	O, B	43.7
B	A, AB	O, A	13.4
AB	None	O,A,B	5.7

ஆகவே இரத்தம் ஏற்றும்போது அளிப்பவரின் (donor) இரத்தத்தில், பெறுபவர்க்கு (recipient) எதிரான ஆண்ட்டிபாடிகள் இருந்தால் எவ்வித இடையூறும் நிகழாது. ஏனெனில் அளிப்பவரின் இரத்த அளவு, பெறுபவரின் மொத்த கன அளவைவிட மிகக் குறைவே. ஆகையால் ஆண்ட்டிபாடிகள் நீராளமாக்கப் படுகின்றன (diluted). ஆனால் பெறுபவரின் இரத்தத்தில் ஆண்ட்டிபாடிகள் இருந்தால் அவை கெடுதலை விளைவிக்கும். ஏனெனில் ஆண்ட்டிபாடியின் அளவு அதிகமாக இருப்பதே ஆகும். உதாரணமாக O வகுப்பு இரத்தம் தன்னுடைய வகுப்பு இரத்தத்தைத் தவிர மற்ற வகுப்பு இரத்தத்தைப் பெறமுடியாது. ஏனெனில் இந்தச் சீரம் மற்றக் கார்ப்பசில்களை ஒட்ட வைத்து விடும். ஆனால் இந்த இரத்தம் மற்ற வகுப்புகளுக்கு ஒத்துச் சேரும் இயல்புடையது. ஏனெனில் இதிலுள்ள கார்ப்பசில்களுக்கு எதிரான ஆண்ட்டிபாடிகள் அவற்றில் இல்லாதிருப்பதே. அதனாலேயே O வகுப்பு இரத்தத்தைப் பெற்றுள்ளவருக்கு யாவருக்கும் கொடுப்பவர் (யுனிவர்சல் டோனர்—universal donor) என்று பெயர். அவ்வாறே AB வகுப்பு இரத்தம் உள்ளவர்களுக்கு யாவரிடமிருந்தும் பெறுபவர் (யுனிவர்சல் ரசிப்பியன்ட்-universal recipient) என்று பெயர். ஏனெனில் இந்த வகுப்பு இரத்தத்தில் மற்றக் கார்ப்பசில்களுக்கு எதிரான ஆண்ட்டிபாடி இல்லாதிருப்பதேயாகும்.

ABO இரத்த வகுப்புக்களின் மரபியல் அமைப்பு

நான்கு இரத்த வகுப்புக்களில் எது சாதாரண (நார்மல்-normal) வகுப்பென்று நமக்குத் தெரியாது. ஆனால் சாதாரணத் தனிக் கூறுகளுடன் (traits) கூடிய தனி நபர்கள் ஓர் இனத்தில் ஏராளமாகக் காணப்படுகின்றனர். இருப்பினும் இவ்விரண்டையும் சாதாரண வகையென்று கருத முடியாது. சௌகரிய விளக்கத்திற்காக O வகுப்பைச் சாதாரண வகை என்று கருதிக் கொள்வோம். அப்படியானால் Aயும் Bயும் O வகுப்பிலிருந்து ஓங்கும் மியூட்டேஷனால் உண்டாகியிருக்க வேண்டும். இம்மியூட்டண்ட் ஜீன்களுக்கு முறையே A, B என்ற அடையாளம் கொடுப்போம். இவ்விரண்டும் O வகுப்பு இருக்கும் அதே லோகசிலிருந்து உண்டாயின. சாதாரண ஜீனுக்கு 1 அடையாளம் கொடுப்போம். மூன்று ஜீன்களும் (I, LA, LB) ஒரே லோகசில் இருப்பதால் அவற்றிற்குப் **பல்கூட்டு அல்லீல்கள்** (multiple alleles) என்று பெயர். முதன் முதலில் இரத்த வகுப்பைக் கார்ல் லாண்ட்ஸ்டீனர் (Karl Landsteiner) கண்டுபிடித்ததால் அவர் நினைவாக 'L' என்ற

எழுத்தை முதலில் சேர்த்துக் கூறுவது வழக்கம். 1931 ஆம் ஆண்டு இவருக்கு நோபல் பரிசு கொடுக்கப்பட்டது. ஆகையினால் இரத்த வகுப்புக்கள் LA, LB, LALB, ll என்று குறிப்பிடப்பட்டுள்ளன. l வகுப்பு ஒடுங்கும் வகுப்பைச் சேர்ந்தது. ஆகையினால் O வகுப்புக்கலப்பற்றதாகும், அதன் அமைப்பு ll ஆகும். A ஜீன் ஓங்கும் ஜீனுகையால் LA வகுப்பைச் சேரும். B ஜீன், AB ஜீன்கள் யாவும் முறையே LB, LALB என்று வழங்கப்படுகின்றன; O, A, B, AB வகுப்புக்கள் தோற்ற வழி அமைப்பு (phenotype) ஆகும். LA, LB, LALB, ll என்பவை மரபு வழியமைப்பு (genotype) ஆகும்.

கீழ்க்கண்ட அட்டவணை இரத்த வகுப்புக்களையும், பெற்றோர்களையும் நோக்க எவ்வழி அமைப்புச் சந்ததிகள் தோன்றும் என்றும், எவை தோன்ரு என்றும் காட்டுகிறது.

Blood Group	Genotype	Blood Contains		Red blood cells reaction with anti bodies	
		cellular agglutino gen	Serum agglutinin	Anti - A	Anti - B
A	A/A A/O	A	Anti - B	+	−
B	B/B B/O	B	Anti - A	−	+
AB	A/B	A B	None	+	+
O	O/O	None	Anti - A Anti - B	−	−

மனிதனின் ABO இரத்த வகுப்புக்களின் குணங்கள்

இரத்த வகுப்புக்களின் தலைமுறையுரிமை (Inheritance of Blood Groups) வைத்திய-சட்ட (Medico-Legal) தகராறுகளைத் தவிர்க்கப் பயன்படுகிறது. வைத்தியச்சாலைகளில் பல குழந்தைகள் பிறக்கின்றன. ஒரு குடும்பத்தினர் தங்கள் குழந்தை என்று

வீட்டிற்கு எடுத்துச் சென்றபின், அதே நேரத்தில் பிரசவித்த மற்றொருவர் அது தங்களுடையது என்று கூறினால் எவ்வாறு தீர்ப்பதென்று தவிக்கும் போது அவர்களுடைய இரத்தத்தையும், குழந்தையினுடைய இரத்தத்தையும் சோதனை செய்து தீர்க்க முடியும். மேலும் ஓர் இளம் பெண் தனக்குப் பிறந்துள்ள குழந்தைக்குத் தந்தையார் இவர்தாம் என்று ஒருவர் மீது வழக்கு போட்டிருந்தால், அவர் தாமா என்றும், எந்த வகுப்பைச் சேர்ந்தவர் என்றும் இரத்தச் சோதனை மூலம் கூறமுடியும். அந்தப் பெண்ணின் இரத்தத்தையும் குழந்தையினுடையதையும் சோதித்து முடிவு கூறமுடியும் (அட்டவணையைப் பார்க்க). உதாரணமாகக் குழந்தையின் இரத்தம் B வகுப்பு, தாயின் இரத்தம் A வகுப்பு, வழக்குப் போடப்பட்டிருப்பவரின் இரத்தம் O என்றால், அந்த வழக்குச் செல்லாது போய்விடும். ஏனெனில் உண்மையான தந்தைக்கு இரத்தம் B அல்லது AB ஆக இருந்தால்தான் B வகுப்புடைய குழந்தை அவருக்குப் பிறக்க முடியும். யார் மீது வழக்குப் போடப்பட்டிருக்கிறதோ அவர் உண்மையான தந்தை இல்லை. ஏனெனில் அவர் O வகுப்பாவார். இம்மாதிரியான வழக்குகள் அமெரிக்க வழக்கு மன்றங்களில் ஏராளமாக நடைபெறுவதைப் பார்க்கலாம்.

தற்காலத்தில் இரத்தத்தைத் தவிரக் கண், காது, உமிழ்நீர், பால் சுரப்பிகளிலிருந்தும் ABO வகுப்புக்களைக் கண்டறிய முடியுமென்றும் கூறுகிறார்கள். மற்றச் செல்களின் மூலம், (ABO ஆண்ட்டிஜென்கள்) கண்டுகொள்ள முடியுமென்றும் ஆராய்ந்துள்ளார்கள். A வகுப்பு இரத்தமுடையவரின் மேல் ஆண்ட்டி A சீரத்தையும், A வகுப்பு இரத்தச் செல்களையும் வைத்தால் அவை உறைந்து ஒட்டிக்கொள்கின்றன என்று கூம்ப்ஸ் (Coombs) கண்டுள்ளார். அதே சீரமும், செல்களும் B அல்லது O வகுப்புடையவரின் தோல் மேல் வைத்தால் அவ்வாறு ஒட்டிக் கொள்வதில்லை.

திருமண வகைகள் (Types of Marriages)		பிறக்கும் மரபுக் கொழுந்துகள் (Offsprings)	பிறக்க முடியாதவை (Impossible)
I.	O × O	$\frac{\text{மரபு வழியமைப்பு (geno type)}}{\text{தோற்ற வழியமைப்பு (pheno type)}} = \frac{11 \times 11}{O}$	A,B, AB
II.	O × A	,, $= \frac{11 \times LA\ LA}{A}, \frac{11 \times L\ A1}{O\ ,\ A}$	B,AB
III.	O × B	,, $= \frac{11 \times LB\ LB}{B}, \frac{11 \times LBI}{O\ ,\ B}$	A,AB
IV.	O × AB	,, $= \frac{11 \times LA\ LB}{A \text{ or } B}$	O,AB
V.	A × A	,, $= \frac{LA \times A \times LA\ LA}{A}, \frac{LA1 \times LAI}{A\ ,O}$	B,AB
VI.	A × B	,, $= \frac{LALA \times LBLB}{AB}, \frac{LALA \times LB1}{A\ ,\ AB}, \frac{LA1 \times LBLB}{B\ ,\ AB}$	None
VII.	A × AB	,, $= \frac{LALA \times LALB}{A \text{ or } AB}, \frac{LA1 \times LALB}{A,AB,B}$	O
VIII.	B × AB	,, $= \frac{LBLB \times LALB}{B \text{ or } AB}, \frac{LB1 \times LALB}{A,AB,B}$	O
IX.	B × B	,, $\equiv \frac{LBLB \times LBLB}{B}, \frac{LB1 \times LB1}{BO}$	A,AB
X.	AB × AB	,, $= \frac{LALB \times LALB}{A,AB,B}$	O

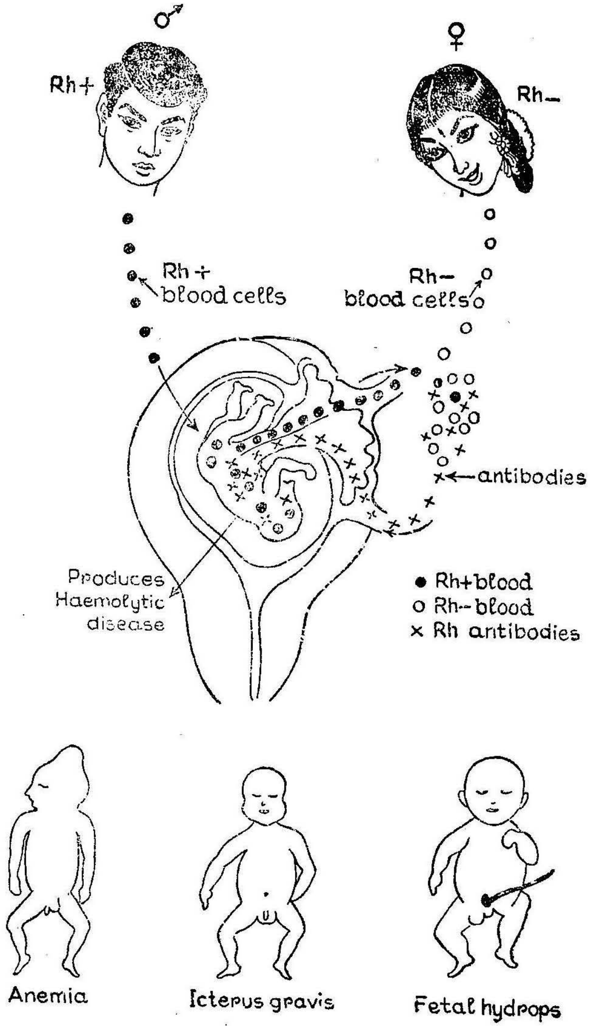
MN வரிசை இரத்த வகுப்புக்கள்
(MN Series of Blood Groups)

மேற்கூறிய ABO வரிசைகளைத் தவிர MN வரிசைகளும் இருக்கின்றன. லாண்ட்ஸ்டீனரும் (Landsteiner), லெவீனும் (Levine) 1927 ஆம் ஆண்டில் மேலும் மூன்று வரிசை இரத்த வகுப்புக்கள் இருப்பதாகக் கண்டார்கள். இவ்வரிசைகள் இரத்தம் கொடுக்கும் போது ABO வகுப்புக்களை அவ்வளவாகப் பாதிப்பதில்லை. M,N, MN வகுப்பு ஃபீனோடைப் (phenotype) இரத்தங்களுக்கு MM,NN MN ஜீனோடைப்புக்களாகும் (genotype).

திருமணவகைகள்	பிறக்கும் குழந்தைகள்	காணப்படாத குழந்தைகள்
1. M × M	M	N,MN
2. N × N	N	N,MN
3. M × N	MN	M,N
4. N × MN	MN, N	M
5. M × MN	MN, M	N
6. MN × MN	MN, MN	—

Rh இரத்த வகுப்புக்கள்
(Rh Factors)

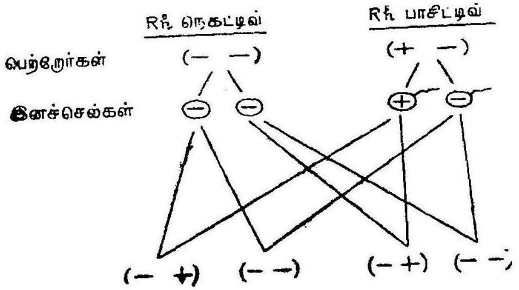
1940ஆம் ஆண்டு, லாண்ட்ஸ்டீனர் (Landsteiner), லெவீன் (Levine), வீனர் (Wiener) என்ற மூவரும் மற்றொரு வித ஆண்ட்டிஜென்களைக் கண்டுபிடித்தார்கள். ரீசஸ் குரங்குகளின் (Rhesus Monkey) இரத்தத்தை முயலுக்கேற்றி அதிலிருந்து எடுத்த இரத்தத்தை, முன்பாகவே தெரிந்த ஆண்ட்டிஜென்களுடன் சோதித்தார்கள். அவ்வாறு செய்யும்போது சுமார் 85% மக்களுடைய இரத்த அணுக்கள் ஒட்டிக்கொண்டன. குரங்குகளுக்கு உள்ளது போல் மனிதர்களின் இரத்தத்திலும் காணப்பட்டது. அவ்வாறு காணப்படுபவர்களிடத்தில் உள்ளதிற்கு Rh+ அடையாளமும், இல்லாத 15% மக்களிடத்தில் உள்ளதிற்கு Rh— என்ற அடையாளமும், உபயோகிப்பது வழக்கம். மேலும் R.A. ஃபிஷர் (R.A. Fisher) Rh+க்கு D/D என்றும், Rh—க்கு d/d என்றும் பெயர் கொடுத்தார். இதையே மேலும் விளக்கும் வகையில் CDE என்ற



படம் 37.

Rh இரத்த வகுப்பின் நோய்.

ஜீன் காம்ப்லெக்ஸ் (gene complex) கோட்பாட்டை மேலும் ஆராய்ந்து வீனர் விளக்கத்திற்கு ஒப்பிட்டார். லெவீன் என்பவர் Rh— பெண்ணிற்கும் (– –), Rh+ ஆணிற்கும் (+–) பிறக்கும் குழந்தைகளில் முதல் இரண்டும் இறவாமல் மூன்ருவது மட்டும் இறந்து விடுவதை ஆராய்ந்து, அதற்குக் காரணம் எரித்ரோ பிளாஸ்டோசிஸ்ஃபீட்டாலிஸ் (erythroblastosis foetalis) என்று கூறினர் (37-ம் படத்தைப் பார்க்க). இதனல் இரத்த மின்மை (anemia) ஏற்படும். முதல் குழந்தை உண்டாகும் போது தாய் கூருணர்ச்சிப்படுத்தப்படுகிருள் (sensitized). அவ ளினுள் ஆண்ட்டிபாடிகள் உண்டாகி மேலும் பிறக்கும் Rh+ குழந்தைகளினல் பலப்படுத்தப்பட்டு மூன்ரும் குழந்தையைப் பாதிக்கின்றன. அது இரத்தச் சோகையினல் இறந்து விடுகிறது. குதிரைகளிடத்தில் இவ்வாருன நிலை காணப்படுகிறது.



முதல் குழந்தை Rh + (தாய் கூருணர்ச்சி அடைதல்) | இரண்டாம் குழந்தை Rh – | மூன்ரும் குழந்தை Rh + இறந்து விடுகிறது | நான்காம் குழந்தை Rh –

Rh கோளானுக்கு கருவிலுள்ள இரத்தத்தை நீக்கிவிட்டு அதே சமயத்தில் கர்ப்பப்பையில் புதிய இரத்தம் ஏற்றுவதே நிவாரணமாக இருந்தது. இதற்கு மாற்று இரத்த மாற்றல் என்று பெயர். ஆனல் தற்போது ஓர் வாக்சின் (vacine) கண்டுப்பிடிக்கப்பட்டுள்ளது. டாக்டர் வின்செண்ட்டும், டாக்டர் போலாக்கும் (Dr Vincent and Dr Pollack) இதைக் கண்டுப்பிடித் தனர். இந்த வாக்சினுக்கு ரோகம் (rhogam) என்று பெயர். இதைத் தாய்க்கு ஏற்றினல் பிறகு பிறக்கப் போகும் குழந்தை களையும் காப்பாற்றும். இதில் காமாகிளாபுலின் ஊடகத்தில் Rh ஆண்ட்டிபாடிகள் இருக்கின்றன. Rh–தாய்க்கு ஏற்றினல் Rh+ குழந்தை, மூன்று நாட்களில். அது அந்த தடைகாப் புறுதியை சிதைத்து Rh ஆண்ட்டிபாடி உண்டாவதைத் தடுக்கிறது.

இதனுல் Rh+ குழந்தைக்கு உண்டாகும் ஆபத்தை நிவர்த்திக்கிறது. குழந்தை பிறந்ததும், தவறி தூக்கிச் செல்லும்போதும், இந்த வாக்சின் ஊசி தொடர்ந்து போடவேண்டும். முதல் குழந்தை Rh- ஆக இருந்தால் இந்த ஊசி தேவையில்லை (Rh+ குழந்தை வரும் வரை). ரோகம் 90% நபர்களுக்கு வெற்றி தந்துள்ளது.

மற்ற இரத்த வகைகளின் மரபியல்

சுமார் 70 ஆண்டுகளுக்கு முன் லாண்ட்ஸ்டீனர் (Landsteiner) கண்டறிந்த ABO (1900) இரத்த வகைகளுக்கு மேல் சில புது வகுப்புகளும் கண்டுபிடித்துள்ளனர். இரத்தத்தை சேமித்து வைக்க பல முறைகள் கையாளப்படுகின்றன. இரத்தம் உறையாமலிருக்க முதலாம் யுத்தத்தின் போது இரத்த சேமிப்பிற்கு சோடியம் சிட்ரேட் (sodium citrate) மட்டும் பயன்படுத்திஞர். குளுக்கோஸும் சிட்ரிக் அமிலமும் சேர்த்து இரண்டாம் யுத்தத்தின்போது, சேமித்துப் பயன்படுத்தினர் (ACB). இம்முறையையே தற்சமயத்திலும் பெரும்பான்மை நாடுகள் கையாளுகின்றன.

சிட்ரேட்-பாஸ்ஃபேட்-டெக்ஸ்ட்ரோஸ் (CPD) மூன்றையும் இரத்தத்துடன் கலந்து, 4°C வைத்தால், சுமார் 6 வாரங்கள் வரை அப்படியே வைத்திருக்க முடிகிறது. பியூரின் வகையான அடினேசினும் சிறிது அதில் சேர்த்து வைத்தால் அவ்விரத்தத்தின் உறைவுத் தன்மையைக் குறைத்து நீண்ட நாட்கள் (stability) தங்க வைக்கிறது. தற்சமயம், சில குளிர் சாதனங்களிஞல் (frozer) 2 முதல் 3 ஆண்டுகள் வரை கூட வைக்க வழி கண்டுபிடித்துள்ளனர். இம் முறையிஞல், அரிதாகக் கிடைக்கும் இரத்தத்தை அவசர தேவைக்கு சேமித்து வைக்கமுடியும். ஆனுல் இந்தியாவில் -70°C அளவில் குளிர வைக்கும் (deep freezer) அல்லது நைட்ரஜன் சேமிக்கும் சாதனம் இல்லாததிஞலும், வெளிநாடுகளிலிருந்து அதை வரவழைக்க வேண்டி இருப்பதிஞலும் இன்னும் அவ்வசதி ஏற்படவில்லை என்று தெரிகிறது. ஒரு சில அபூர்வமான இரத்த வகைகளான ''பம்பாய் வகுப்பு'' (Bombay tvpe), Rh மண்டலத்தின் Ry வகுப்பு, LW- நெகட்டிவ் வகுப்பு (Tj(a-), Mg (a+) வகுப்புகளும் இந்தியாவில் காணப்படுகின்றன.

இரத்தத்தில் குறிப்பிட்ட ஆண்ட்டிஜென் (antigen) இருந்தாலோ, இல்லாவிட்டாலோ அதைக்கொண்டு இரத்த வகுப்பை

நிர்ணயிக்கிறோம். ஆண்ட்டிஜென் A இருந்தால் A வகுப்பு என்றும், B ஆண்ட்டிஜென் இருந்தால் B வகுப்பு என்றும் ஆண்ட்டிஜென் Aயும் Bயும் இருந்தால் AB என்றும், இரண்டும் இல்லாவிட்டால் 'O' வகுப்பு என்றும் குறிப்பிட்டோம். சில அபூர்வ வகைகளான 'பம்பாய் வகுப்பிற்குரிய ஆண்ட்டிஜெனும் கண்டுபிடித்துள்ளனர். குறிப்பாகக் கூறவேண்டுமானால் சென்ற 25 ஆண்டுகளில் கண்டுபிடிக்கப்பட்ட சுமார் 60 வகுப்பு ஆண்ட்டி ஜென்களில் 13 வகை இரத்த வகுப்பு மண்டலங்கள் தெளிவாக விளக்கப்பட்டுள்ளன. அவைகளாவன:

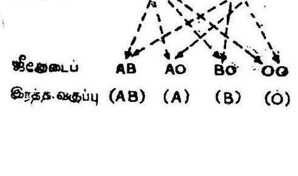
(பிறை இடுக்குகளில் ஆண்ட்டிஜென்கள் காட்டப்பட்டுள்ளன)

1. ABO (3)	5. Lutheran (2)	9. Kidd (2)
2. MNS (23)	6. Kell (1)	10. Diego (2)
3. P (2)	7. Lewis (2)	11. Yt (2)
4. Rh (18)	8. Duffy (2)	12. I (2)

13. Xg (1) (Sex linked or X-Chromosomes)

மேலும் 33 ஆண்ட்டிஜென்கள் இன்னும் வகைப்படுத்தப் படவில்லை. பம்பாயில் 1957ல் நிறுவப்பட்ட இரத்த வகுப்பு அறிய இரத்த தொகுதிக் குறிப்பு மத்திய அலுவலகம் (Blood Group Reference Centre) இம்மாதிரியான அபூர்வ வகுப்புகளை குறிப்பிட்டுள்ளனர். இவ்வலுவலகம், இந்திய மருத்துவ ஆய்வுக் குழுவினால் (Indian Council of Medical Research) பராமரிக்கப் பட்டு வரப்படுகிறது.

ABO இரத்த வகுப்புகளைப்பற்றியும் அவைகள் பரம்பரையில் எவ்வாறு வருகின்றன என்றும் முன்பே குறிப்பிட்டோம். சுருக்க மாக ஓர் எடுத்துக்காட்டு கீழே தரப்பட்டுள்ளது.



அடுத்த வகையான Rh ஆண்ட்டிஜென் மனிதனிடத்திலும் ரீசஸ் குரங்குகளிடத்திலும் காணப்படுகிறது. 95% இந்திய மக்களிடத்தில் Rh ஆண்ட்டிஜென் காணப்படுகிறது. ஆனால் 85% தான் ஐரோப்பியர்களிடம் காணப்படுகிறது. Rh நெகட்டிவ் (Rh—) இல்லாதவர்களிடத்தில் Rh—பாசிட்டிவ் இரத்தம் கொடுத்தால் Rh ஆண்ட்டிபாடிகள் உண்டாகின்றன. Rh பாசிட்டிவ் குழந்தைகளிருந்தால் Rh நெகட்டிவ் பெண்களிடத்திலும் இவ் வாண்ட்டி பாடிகள் உண்டாகும். இரத்த தடைகாப்பு ஏற்படுவது• (immunization) Rh ஆண்ட்டிஜென்களை எதிர்த்தே நிகழ்கிறது. அவர்களிடத்தில் இம்மாதிரியான தடைகாப்பு (immunity) ஏற்பட்டால் Rh இரத்தம் ஏற்றுவது மிகவும் அபாயமானது. புதியதாகப் பிறக்கும் குழந்தைகள் Rh+ ஆக இருந்தால் காமாலை (jaundice) உண்டாகும். இரத்தச் சோகையுடன் காமாலையும் சேர்ந்து கொண்டால் அக்குழந்தை பிழைப்பது அரிது. பிலிரூபின் (bilirubin), திசுக்களில் படிந்து மூளையை பாழாக்கி விடுகிறது. குழந்தைகள் பிறப்பதற்கு முன்பே இம்மாதிரி சோகை ஏற்பட்டு, குறைபிரசவத்தில் இறந்து விடுவதுமுண்டு. குழந்தையின் ஆண்ட்டிஜெனுக்கு தாயின் சீரத்தில் ஆண்ட்டிபாடிகள் உண்டாவதே இதற்குக் காரணம் என்று தற்போது தெரியவந்துள்ளது. தாயின் தடைகாப்பு சாதனம் (immunization) உண்டாவதற்கு, RhO(D) ஆண்ட்டிஜென்தான் காரணமாகும். இவ்வாண்ட்டி ஜென் இல்லாதிருந்தாலும், அல்லது மனைவிக்கு Rh—ஆக இருந்து கணவனுக்கு Rh+ ஆக இருந்தாலும், குழந்தைகள் Rh+ ஆக இருக்க நேரிடும். முதல் பிரசவத்தின் போது குறைந்த அளவு தாயின் இரத்தத்தில் குழந்தை இரத்தம் கலக்கிறது. அவ்வமயம், Rh ஆண்ட்டிபாடிகள் உண்டாகின்றன. அடுத்து நிகழும் பிரசவங்களில், இவ்வாண்ட்டிபாடிகள் சிறு மாலிக்கூல்களாக இருப்பதால், பிளசன்டாவின் மூலம் உட்சென்று கருநிலையிலேயே சிவப்பணுக்களை சிதைத்து விடுகின்றன. அதனால்தான் முதல் பிரசவத்தில் குழந்தை இறக்காமலும், மற்ற பிரசவங்களில் குழந்தைகள் இறந்தும் பிறக்கின்றன. இந்நோய்க்கு இரத்தச் சிதைவு அல்லது ஹீமாலிட்டிக் நோய் (hemolytic disease) என்று பெயர். இம் மாதிரியான குழந்தைகளின் இரத்தம் கூம்ப்ஸ் சோதனைக்கு (Coombs test) பாசிட்டிவ்வாக(+) இருக்கும். அதாவது தாயின் ஆண்ட்டிபாடி குளோபுலின்கள் (globulins) குழந்தையின் சிவப்பு செல்களின் மேல் பூசப்பட்டாற்போல (coating) காணப்படும். **அனீமியா** என்ற இரத்த சோகையும், பிலிரூபின் **துகள்கள்** (bilirubin pigments) அதிக அளவில் இரத்தத்தில் காணப்படு

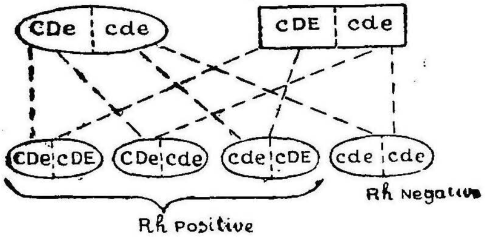
வதும் இதற்கு அறிகுறிகளாகும். பனிக்குட நீரிலிருந்து (amniotic fluid) இதைக் கண்டறியலாம்.

இதற்குரிய வைத்தியம் யாதெனில் அவ்வாறுன சிவப்பு இரத்த செல்களை நீக்கி, Rh—இரத்தத்தை அக்குழந்தைக்கு ஏற்றுவதே (transfusion) குழந்தை இரத்தத்தை எடுத்துவிட்டு அதே அளவு Rh—இரத்தம் ஏற்றவேண்டும். அவ்வாறு செய்தால் அக்குழந்தை பிழைக்க வாய்ப்பு உண்டு.

Rh இரத்த வகுப்பு வழித்தோன்றல்

Rh O (D) பாசிட்டிவ் பெற்றேர்கள்

"டி.என்.ஏ குறியீடு"



ஆண்ட்டிஜென் D, எல்லா Rh மனிதர்களுக்கும் பொது. வாகும். CDE, CDE, cde அதிகமாகக் காண்பன; Cde, cdE, cDe CDE, Cde யாவும் ஆபூர்வ வகுப்புகளாகும். d-க்குரிய ஆண்ட்டிஜென் இருப்பதாக தெரியவில்லை. Rh ஆண்ட்டிஜென்களின் C or c, D or d, E or e யாவும் அல்லீல்களாகத் தோன்றியவைகளா? என்பது இன்னும் தெளிவாகவில்லை. மேற்கூறிய காரணங்களினுல் ஒவ்வொரு இரத்த சேமிப்பு, தாய்சேய் நல நிலையங்களிலும், Rh சோதனைகள் செய்வது பழக்கமாகிவிட்டது.

CDE வகுப்பு (CDE System)

ஃபிஷர் (Fisher) குறிப்பிட்டுள்ள ஜீன் காம்ப்லெக்ஸ் கோட்பாடே (gene complex theory) CDE System ஆகும். இக்கோட்பாட்டையே வீனர் (Weiner) வேறொரு முறையான பல்கூட்டு அல்லீல்கள் (multiple alleles) என்ற பெயரில் குறிப்பிடுகிருர். அதாவது Rh—Hr காம்ப்லெக்ஸ் (Rh-Hr complex) என்றும் இதைக் கூறுவதுண்டு.

ஆண்ட்டி-D (Anti-D) என்றும், ஆண்ட்டி C (Anti-c) என்றும் இரு ஆண்ட்டிபாடிகள் உள்ளன. ஆண்ட்டி D, Rh+ செல்களை மட்டும் ஒட்டித்திரள்களாக்கும் (agglutinates). ஆண்ட்டி C, Rh-- செல்களை ஒட்டித் திரள்களாக்கும். ஆகையால் பின்னத்திற்கு, குறிப்பிட்ட ஆண்ட்டிஜென் C இருக்கிறது. ஆனால் D ஆண்ட்டி ஜென் இல்லை. இதற்கு cd என்று பெயர். ஆண்ட்டி Cயுடன் Rh+ ஒட்டித்திரளாகாத ஒன்றிற்கு, cD என்று பெயர். மற்றொரு ஆண்ட்டி-C இருக்கிறது. C-ஆண்ட்டிஜென் இல்லாத செல்கள் அனைத்தையும் இது ஒட்டுத்திரளாக்கும். மேலும் சில குறிப்பிடத் தக்க ஆண்ட்டிபாடிகள் உள்ளன. ஆண்ட்டி E, ஆண்ட்டிe ; இவைகள் E, e என்ற சோடி அல்லீல்களின் மூலம் E e e என்ற ஆண்ட்டிஜென்களை நிர்ணயிக்கின்றன.

இம்மூன்று ஆண்ட்டிசீரங்களைக் கொண்டு ஆறு இரத்த வகைகளைக் காணமுடிகிறது.

	ஆண்ட்டி D	ஆண்ட்டி C	ஆண்ட்டி c	Rh டைப்
1.	+	+	+	CcD (Rh+)
2.	+	+	−	CCD (Rh+)
3.	+	−	+	ccD (Rh+)
4.	−	+	+	Ccd (Rh−)
5.	−	+	−	CCd (Rh−)
6.	−	−	+	ccd (Rh−)

அடுத்தப்பக்கத்தில் கண்ட அட்டவணையில் இவைகளின் தோற்ற வழி அமைப்பையும், மரபு வழியமைப்பையும், ஆண்ட்டி ஜென்களுடன் குறிப்பிடப்பட்டுள்ளது.

அல்லீல்	ஆண்ட்டி ஜென்	மரபுவழி யமைப்புகள்	தோற்றவழியமைப்புகள் செல்களின் செயல்கள்	
			ஆண்ட்டி D	ஆண்ட்டி C
DC	Dயும் Cயும்	$\frac{DC}{DC}$, $\frac{Dc}{Dc}$, $\frac{Dc}{dc}$ $\frac{Dc}{dc}$, $\frac{Dc}{dc}$	+	+
D	D	$\frac{Dc}{Dc}$, $\frac{Dc}{dc}$	+	O
dC	C	$\frac{dC}{dC}$, $\frac{dD}{dc}$	O	+
dc	–	$\frac{dc}{dc}$	O	O

Rh - Hr காம்ப்லெக்ஸ் (Rh-Hr Complex)

வீனர் (Weiner) குறிப்பிட்ட பல்கூட்டு அல்லீல்களின் கோட்பாட்டை Rh-Hr காம்ப்லெக்ஸ் என்று கூறுவதுண்டு. இதற்குரிய அடையாளங்கள் மிகவும் குழப்பும் நிலையில் உள்ளன. இவ்வடையாளங்கள், அல்லீல்கள் எவ்வாறு ஆண்ட்டிபாடிகளுடன் செயலெதிர்ச் செயல்களைப் புரிகின்றன என்று விளக்கவில்லை. மரபியல் சோதனைகளின்படி (gnetic analysis) cDE (R_2) ஆண்ட்டி Eக்கு பாசிட்டிவ்வாக இருக்கிறது CDe (R_1), ஆண்ட்டி-Cக்கு பாசிட்டிவ்வாக இருக்கிறது.

	ஆண்ட்டி D	ஆண்ட்டி C	ஆண்ட்டி E	ஆண்ட்டி e
CDe (R_1)	+	—	—	+
cDE (R_2)	+	+	+	—
cde (r)	—	+	—	—

Rh இரத்தக் குறியீடுகள்

ஜீன் காம்ப்லெக்ஸ் கோட்பாடு பல்கூட்டு அல்லீல்கள் கோட்பாடுஃபிஷருடையை அடையாளம்) (வீனருடைய அடையாளம்)

C D e	....	R_1	Rh+
c D E	....	R_2	Rh+
c D e	....	R_0	Rh+
C d e	....	R^1	Rh—
c d E	....	R^{11}	Rh—
C d e	....	R_y	Rh—
C D E	....	R_z — Rh +	
c d e	....	r_1 — R h —	

பல்கூட்டு அல்லீல்களின் கோட்பாட்டின்படி Rh இரத்த வகுப்புக்களைத் தொடர்ந்து அல்லீல்கள் மூலம் நிர்ணயிக்கப்படுகிறது. அத்தொடர் அல்லீல்களை R_1, R_2, r போன்ற அடையாளங்களால் குறிப்பிடுவதுண்டு. ஆனால் ஜீன் காம்ப்லெக்ஸ் கோட்பாட்டின்படி Rh இரத்தத்தை பல ஒற்றை மய ஜீன் சேர்க்கையினால் (haploid combination of genes) குறிப்பிடுவதுண்டு. இச்சேர்க்கை மூன்று லோகஸ்களில் ஹைபிரிட் ஜீனோடைப்புகள் மூலம் இணைந்துள்ளன. அதாவது cde/CDE, மூலம் இணைந்துள்ளதாக வீனர் குறிப்பிடுகிறார். ஆகையால் இவைகளிலிருந்து எட்டு வகைச் சேர்க்கைகள் ஏற்படமுடியும்: CDE CdE, cDE, cdE, CDe, Cde, cDe, cde, ஒவ்வொரு ஒற்றை மயச் சேர்க்கையும், ஜீன் காம்ப்லெக்ஸ் என்று பெயர். ஒவ்வொரு ஒற்றை மயச் சேர்க்கையும் ஒரே யூனிட்டாக, ஒரு ஜீனைப்போல் பரம்பரையில் செல்லும். இக்கோட்பாட்டின் ஜீன் D தான் ரீசஸ் புரத உற்பத்தியை நிர்ணயிக்கிறது.

பரம்பரையில் இரத்த வகுப்புகள் தோன்றுவது அவைகளின் ஆண்ட்டிஜென்களையும், அவைகள் அதனுடைய ஜீன்களையும் பொருத்ததே. Aஜீன் ஆண்ட்டிஜென் Aயையும், Bஜீன் ஆண்ட்டிஜென் Bயையும் உண்டாக்குகின்றன. Oஜீன் எந்த வகுப்பிற்கும்

காரணமில்லை. இந்த ஜீன்கள் சேர்க்கையே வழித் தோன்றிகளின் இரத்த வகுப்பை நிர்ணயிக்கிறது. அட்டவணையையும் படம் ஒன்றையும் பார்க்க.

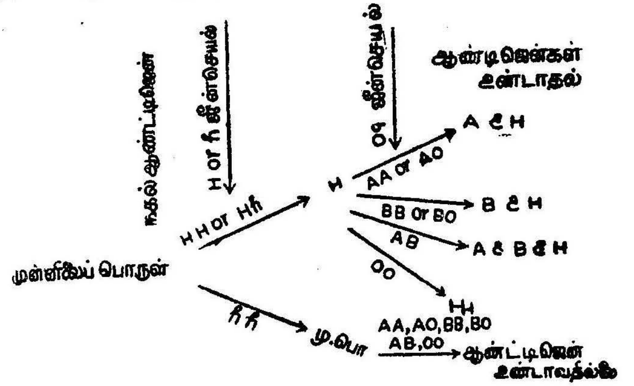
மற்ற வகுப்பு இரத்த வகுப்புகளும் இவ்வாறே பரம்பரையில் தோன்றுகின்றன. Rh வகுப்பு படம் 2-ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. ஆனால் மேலே குறிப்பிட்ட எளிய முறைப் பரம்பரை சில வகைகளில் தோன்றுவதில்லை. 1952-ம் ஆண்டு ABO மண்டலத்தில் ஓர் அபூர்வ இரத்த வகுப்பைக் கண்டுபிடித்தனர். ABO வகுப்புகளின் ஆண்ட்டிஜென்கள் எவ்வாறு ஜீன்களின் செயல்களால் உண்டாகிறது? இதைக் கண்டு பிடிக்க 'பம்பாய்' இரத்த வகைக் குடும்பங்கள் மிகவும் பயன்பட்டன.

இதற்குரிய அடிப்படை வேதிப் பொருள் என்னவென்று நிர்ணயிக்கப்படாவிட்டாலும், இதற்கு முன்னிலைப் பொருள் (precursor substances) என்று பெயர். இதனை ஆண்ட்டிஜென்களாக மாற்றுவது இரு படி நிலைகளில் நிகழ்கின்றன. ABO ஜீன்களிலிருந்து மாறுபட்ட 'H' என்ற மற்றொரு ஜீன், இம் முன்னிலைப் பொருளை அடிப்படை H ஆண்ட்டிஜெனாக மாற்றுகிறது, 'H' ஜீன் சோடியாகவோ 'h' என்ற மற்றொரு ஜீனுடனோ ABO வகுப்பு மக்களிடத்தில் காணப்படும். முன்குறிப்பிட்ட ஆறு ABO ஜீனோடைப்புகள் 'H' ஆண்ட்டிஜென்களுடன் சேர்ந்து, அதை அதனுடைய A அல்லது B ஆண்ட்டிஜென்களாக மாற்றுகிறது. அடிப்படை 'H' ஆண்ட்டிஜென் எல்லா வகுப்புகளிலும் இருக்கிறது. O ஜீன் எந்த ஒரு வித ஆண்ட்டிஜெனையும் உருவாக்குவதில்லையாதலால் 'O' வகுப்பில் 'H' ஆண்ட்டிஜென் இருக்கிறது. படிநிலையில் ஐந்து வகுப்புகள் உண்டாவதைப் பின்வரும் படங்கள் விளக்குகின்றன. A, B ஜீன்களின் செயல் பம்பாய் வகுப்பு தாயில் (mother) அழுத்தப்பட்டு (suppressed) 'H' ஜீன்கள் உள்ளவற்றில் திரும்பவும் தோன்றுவதும் உண்டு.

'பம்பாய்' இரத்த வகுப்பு (Bombay Group)

பம்பாய் இரத்த வகுப்பு 'O' குருப்பைச் சேர்ந்தது. ஆனால் இதற்கு அடிப்படை 'H' ஆண்ட்டிஜென் இல்லை. அதனால், இதற்கு அதிகப்படியான (extra) ஆண்ட்டி-H ஆண்ட்டிபாடி இருக்கிறது. இது மற்ற இரத்தங்களுடன் வேலை செய்யும் (react). ஆனால், ''பம்பாய்'' இரத்தத்துடன் வேலை செய்யாது. இவ்வகை உலகில் எங்கோ ஒன்றுபோல் அரிதாகக் காணப்படும் (1 : 13000 என்ற விகிதத்தில் மேற்கு இந்தியாவில் காணப்படுகிறது). அமெரிக்காவிலும் இவ்வகை இரத்தத்திற்குரிய சேமிப்பு வங்கி (blood bank) இருக்கிறது. உலகில் ''பம்பாய்'' இரத்த வகை தேவைப்பட்டால் பம்பாய் அலுவலகத்திலாவது

அமெரிக்க அலுவலகத்திலாவது அதைப் பெற்றுக்கொள்ள வேண்டும். இந்தியாவில் இவ்வகுப்பு மற்ற நாடுகளை விட அதிகம் காணப்படுகிறது. இவ்வகுப்புக் குடும்பங்களைப்பற்றி ஆராய்ந்ததில், முன்னிலைப் பொருளை அடிப்படை 'H' ஆண்ட்டி ஜெனுக மாற்றவல்ல 'H' ஜீன் அவ்விரத்தத்தில் இல்லை என்று கண்டனர். அதற்கு பதிலாக ஒரு சோடி 'h' ஜீன்கள் இருக்கின்றன. A அல்லது B ஜீன்கள் இருந்தாலும் 'H' ஆண்ட்டி ஜீன் இல்லாததினுல், A அல்லது B ஆண்ட்டிஜென்கள் உண்டாவதில்லை. ஆகையால் இந்த oh டைப் (பம்பாய்) மனிதர்கள் மரபியல்படி O, A, B or AB வகைகளாக இருக்கின்றனர். அக் குடும்ப ஆய்வே இதை வெளிப்படுத்த முடியும். "பம்பாய்"

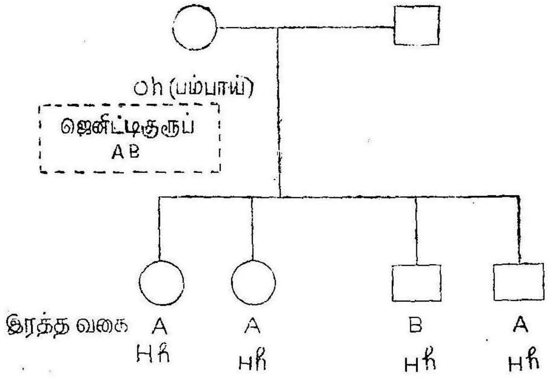


படம் 38

பம்பாய் இரத்த வகைக் கொள்கை ('OH—பம்பாய்' டைப்)

ஜீன் செயல்களின் படிப்படியான நிலை: அடிப்படை 'H' ஆண்ட்டிஜென் மாறுதல் A, B. ஆண்ட்டிஜென்களைப் பொருத்து, சிவப்பு செல்கள் உண்டாகின்றன. AB, ஜீன்கள் இருந்தும் பம்பாய் டைப்பில் 'H' ஆண்ட்டிஜென்கள் காணவில்லை.

பெற்றோர்களிடத்தில் அமுங்கிக்கிடக்கும் AB ஜீன் செயல்கள், H ஜீன்கள் உள்ள குழந்தைகளிடத்தில் திரும்பவும் தோன்றுவதுமுண்டு (படத்தில் பார்க்க). பம்பாய் வகுப்பு உள்ள பெண்டிர்களும், அவருடைய கணவரும் 'O' குருப்பைச் சேர்ந்தவர்கள் ஆவார். அதன் காரணமாக A அல்லது B வகுப்பு குழந்தைகள் இருக்காது. ஆனுல் A, B, வகுப்பு குழந்தைகள் உண்டாகி இருக்கின்றன. அதனுல் தந்தை 'O' ஜீன்களைப் பெற்றிருப்பதால் A, B ஜீன்கள் தாய் மூலம் (OH) வந்துள்ளன வென்றும் தெரிகிறது.

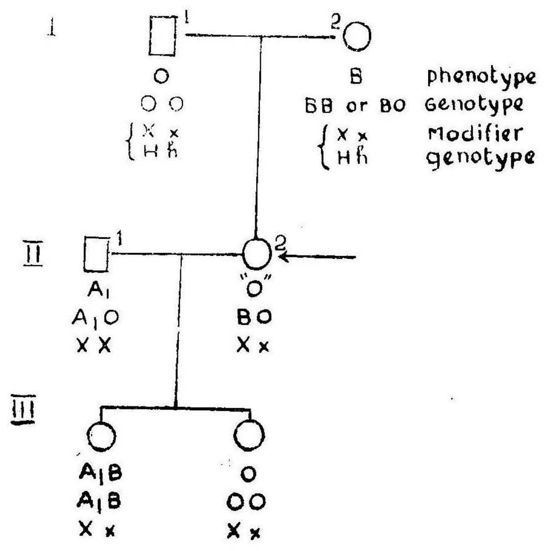


படம் 59.
பாம்பாய் இரத்தவகைக் கொள்கை

'பம்பாய் குரூப்' பரம்பரை: A,B ஜீன்களின் **செயல்கள் அமுக்கப்பட்டுள்ள** H ஜீன்கள் **உள்ள** குழந்தைகளிடம் மட்டும், பம்பாய் குரூப் **தாய் வகை திரும்ப காண**ப்படுகிறது.

இவ்வாறே மற்றொரு அபூர்வ குரூப் Rh மண்டலத்தில் இருக்கிறது. அதற்கு Rh null என்று பெயர். இதில் Rh ஆண்ட்டிஜென் இல்லை. இது போன்று MNS's, Kell, Duffy, Kidd, Lutheran போன்றவைகளிலும் வேண்டிய ஆண்ட்டி ஜென்கள் இல்லை. அவைகளின்பரம்பரையிலும், ''பம்பாய்'' டைப் போல ''minus –'' என்ற ஃபீனோடைப்புகள் சம்பந்தப் பட்டுள்ளன.

இரத்தத்தில் காண்பது போன்ற ஆண்ட்டிஜென்கள் உமிழ் நீர் போன்ற உட்திரவங்களிலும் காணப்படுகின்றன. A,B,H, Lewis போன்றவைகளின் ஆண்ட்டிஜென்கள் மிகவும் தெளிவு படுத்தப்பட்டுள்ளன. அவ்வாண்ட்டிஜென்கள் காணப்படுபவர் களை சுரப்போன் அல்லது ''செக்ரீட்டார்'' (secretors) என்றும், அவைகள் இல்லாதவர்களை சுரப்போர்களற்றவர்கள் அல்லது ''நான்-செக்ரீட்டார்'' (non-secretors) என்று கூறுவதுண்டு. இம்மரபியலினால் கட்டுப்படுத்தப்படுகிறது. உடற்திரவங்களில் காணப்படும் ஆண்ட்டிஜென்கள், வேதியல் அமைப்பை அறிந்து கொள்ள மிகவும் பயன்படுகிறது. எல்லா ஆண்ட்டிஜென்களின் அமைப்பும் ஒரே மாதிரியாகத் தெரிந்தாலும் சுகர் மாலிக்கூலின் இருப்பிடம் அந்தந்த ஆண்ட்டிஜென்களை வேறுபடுத்திக் காண் பிக்கிறது. உதாரணமாக, A,B,H, Lea or Leb காண்க.



படம் 40.

பம்பாய் குருப் இரத்த வகையின் பரம்பரைக் கொள்கை

I தோற்ற வழியமைப்பு

II மரபு வழியமைப்பு

III மாற்றியமைந்த மரபியலமைப்பு

பிறக்கும் குழந்தைகளுக்கு இரத்த சோகை ஏற்படுவது இரத்த செல் ஆண்ட்டிஜெனைப் பொருத்திருந்தாலும், சில சமயங்களில் அம்மனித சிவப்பு செல்கள் ஆண்ட்டிபாடிகளை (எதிர் பொருட்களை) உண்டாக்குவது முண்டு (auto-antibodies). இப்பாடிகள்தான் இரத்த சோகையை உண்டு பண்ணுகிறது. இதைத்தடுக்க அடிக்கடி இரத்தமேற்ற வேண்டும்.

மற்ற இரத்த குணங்கள்

சிவப்பு செல் ஆண்ட்டிஜென்களைப்போல் மற்ற இரத்த உள்ளடங்கிகள் அதற்கேற்ற ஆண்ட்டிஜென்களை உண்டாக்கு கின்றன. வெள்ளை கார்பசில்கள், பிளேட்லெட்டுகள் சிவப்பைப் போல் A or B ஆண்டிஜென்களைப் போன்று பெற்றிருப்பதுடன் அநேக ஆண்ட்டிஜென்களையும் பெற்றுள்ளன.

"மாற்று ஒட்டல்" **(transplantation)** முறையில் இந்த ஆண்ட்டி ஜென்கள் மிகவும் முக்கியமாகும். பிளாஸ்மா புரொட்டீனும், ஆண்ட்டிஜென் குணத்தைப் பெற்றுள்ளது. இரத்த சோதனையில் சரி என்று தெரிந்தும் புண்பட்டவருக்கு பிளாஸ்மா ஏற்றிய பின் உடற் காய்ச்சல் **(fever reactions)** தோன்றிவிட்டது. பல்வேறு பிளாஸ்மாவிற்கு ஆண்ட்டிபாடிகள் தற்போது தெரிய வந்துள்ளது. காமா குளோபுலினுக்கு **(gamma globulin)** 14 ஆண்ட்டிஜென்கள் இருக்கின்றன. அவைகளுக்கு **GM** வகுப்புகள் என்று பெயர். அது போலவே α, β போன்ற குறிப்பிட்ட ஆண்ட்டிஜென்களுக்கு ஆண்ட்டிபாடிகள் கண்டுபிடிக்கப் பட்டுள்ளன. ஆட்டோ - ஆண்ட்டிபாடிகளின் **(auto-antibodies)** செயல்கள் மேலும் ஆராய வேண்டிய நிலையில் இருக்கின்றன. குளோபுலின்களுக்கெதிராக ஆட்டோ - ஆண்ட்டிபாடிகள் காமா குளோபினீமியாவை **(gamma globulinemia)** உண்டாக்குகிறது.

இரத்த வகுப்புகளுடன் சில நோய்கள் தொடர்புள்ளதாகக் கண்டுள்ளனர். 'O' வகையினருக்கு வயிற்றுப் புண்களான டியோடினல் அல்சரும் **(duodenal ulcer)**, காஸ்ட்ரிக் அல்சரும் **(gastric ulcer)**, A வகுப்பினருக்கு வயிற்றுக்கான்சரும் **(stomach cancer)** உண்டாகும். மற்றவைகளைப் பற்றி பல கருத்துகள் இருந்தாலும், மேலும் ஆராய வேண்டிய நிலையில் இருக்கின்றன.

G முதல் O வரை இரத்த வகுப்புகள்

Rh - வகுப்பு எரித்திரோசைட் இரத்த வகைகளில் மேலும், பல ஆய்வின் மூலம் **G. H. I. J. K. L. M. N. O.** வகைகள் தற்சமயம் நிர்ணயிக்கப்பட்டுள்ளன. (R. H. Edward 1970) ரீசஸ் குரங்கிலும் **(rhesus monkeys)** I வகை இரத்த வகுப்பிற்கு தடைகாப்பு **(immunity)** சோதனைகள் மூலம் ஆண்ட்டி I-1, I-2, I-3, I-4 வகைகளைக் கண்டுள்ளார். J முதல் O வரையுள்ள வகைகள் யாவும் ஒரே யூனிட் போல் பழகுகின்றன. ஆனால் மரபியல் படி ஒன்றொன்று விதி விலக்காகி விட்டது. ரீசஸ்களின் தொகையில் **(population)** A B C & D வகைகளும் கண்டுபிடிக்கப் பட்டுள்ளது. அவைகளின் மரபியல் முக்கியத்துவமும் இனச் சேர்க்கை மூலம் நிர்ணயிக்கப்பட்டுள்ளது.

அவ்வாறே J முதல் O வரையிலுள்ள இரத்த வகுப்புகளை ரீசஸ் குரங்கில் மேற்கூறிய எட்வர்டு (1970) கண்டு பிடித்துள்ளார். ஒவ்வொன்றிற்கும் உரிய இணைப்பு **(linkage)** சோதனைகள் செய்து இவைகளை நிர்ணயித்துக் காண்பித்துள்ளார்.

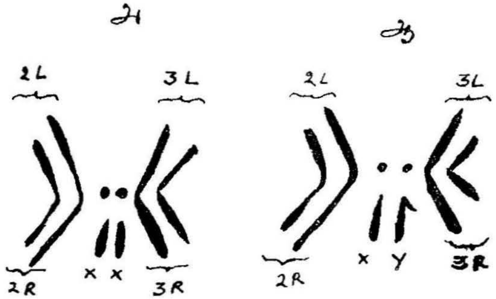
9. பால் நிர்ணயித்தல்

(Determination of Sex)

விளக்கம் : பிறக்கப் போகும் குழந்தை ஆணு, பெண்ணு என்று அறிந்துக் கொள்ளவும், தேவைக்கேற்ப மாற்றியமைக்கவும் பல முயற்சிகள் செய்யப்படுகின்றன. தாய்க்கு உணவு ஊட்டமளிக்க அதனுல் முடியுமா என்றும் சோதனைகள் நடத்தப் படுகின்றன. ஆனுல் எல்லா முயற்சிகளும் தோல்வி அடைகின்றன. ஏன்? தோல்விக்குக் காரணம் என்னவென்ருல் அவர்கள் சோதனைகளை வளர் முறைக்கு (development) முன்னதாக ஆரம்பிக்காததேயாகும். பல உயிரிகளில் பரிசோதனை ஆரம்பிக்காததேயாகும். பல உயிரிகளில் பரிசோதனை ஆரம்பிப்பதற்கு முன்பே வளர்கருவில் பால் நிர்ணயிக்கப்படுகிறது. உண்மையிலே ஆணு, பெண்ணு என்பது கருவுற்றத் தருணத்திலிருந்தே நிர்ணயிக்கப்படுகிறது. அதனுலேயே பரிசோதனைகள்யாவும் பயன் அளிக்கவில்லை.

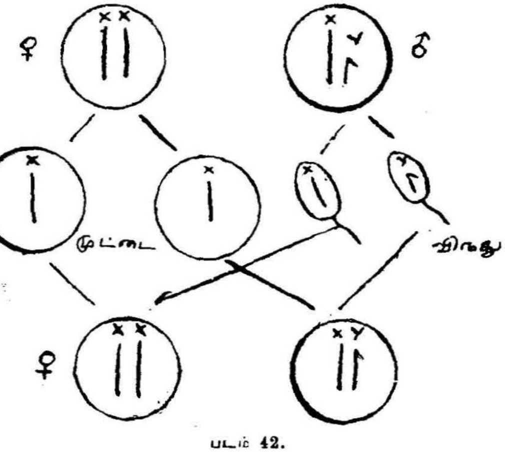
குரோமோசோம்கள்தாம் பால் நிர்ணயம் செய்கின்றன என்று பிறகு கண்டுபிடிக்கப்பட்டது. இதையே கீழ்மட்ட விலங்குகளில் முதன் முதலாகக் கண்டார்கள். விந்து அல்லது அண்டங்கள் உண்டாகும்போது குரோமோசோம்கள் ஒற்றை எண்ணுகப் (haploid-h) பிரிவது பற்றி முன்பே கூறி இருக்கிறேம். கருத்தரிக்கும் போது அவை ஒன்று சேர்ந்து இரட்டை எண்ணுக (diploid-2h) ஆவதும் நமக்குத் தெரியும். அவ்வாறு காணப்படும் செட்டுகளில் ஒரு செட் மட்டும் பால்களை நோக்க வேறுப்பட்டிருக்கிறது. பொதுவாக ஆண்களின் செட்டுக்களில் ஒவ்வாத இரு குரோமோசோம்களும், பெண்களின் செட்டுக்களில் ஒத்த இரு குரோமோசோம்களும் காணப்படுகின்றன. இவ்விரண்டிற்கும் பால் நிர்ணயிக்கும் குரோமோசோம்கள்

அல்லது ஆல்லோசோம்கள் (sex determining chromosomes or allosomes) என்று பெயர். இவற்றை XY குரோமோசோம்கள் என்பார்கள். மற்றக் குரோமோசோம்களை ஆட்டோசோம்கள் (autosomes) என்று கூறுவர். இவற்றால் ஆண், பெண் மரபுக் கொழுந்துகள் உண்டாகும் செயலுக்குப் பால் நிர்ணயித்தல் (sex determination) என்று பெயர். பல இனப் பூச்சிகளில் குரோமோசோம்களின் (ஆண்) அமைப்பைப் படம் காண்க.



படம் 41.

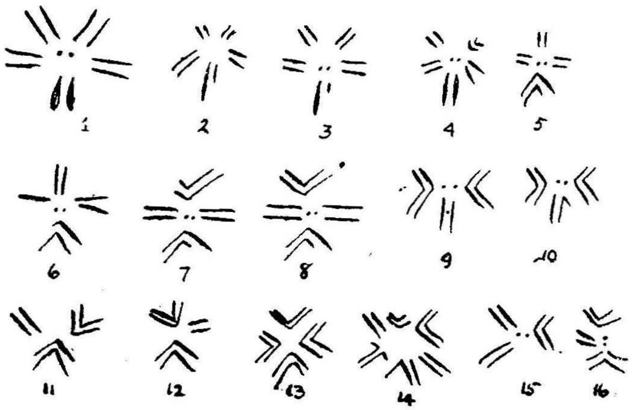
டுரோசோஃபைலா : பால் குரோமோசோம்களும், ஆட்டோசோம்களும், A. பெண் XX. B. ஆண் XY.



படம் 42.

டுரோசோஃபைலாவில் X, Y, குரோமோசோம்கள் பரம்பரைத் தோன்றல்.

1891 ஆம் ஆண்டு ஹென்கிங் (**Henking**) என்பவர் ஆண் வண்டில் பால் நிர்ணயிக்கும் குரோமோசோம்களில் ஒன்ருன X குரோமோசோமைக் கண்டுபிடித்தார். அப்போது அதைப்பற்றி அவ்வளவாகத் தெரியாது. *1905* ஆம் ஆண்டு மிஸ் **N. M.** ஸ்டீவன்ஸ் (Miss **N. M. Stevens**), **E.B.** வில்சன் (**E. B. Wilson**) என்ற இருவரும் பால் நிர்ணயித்தலில் முழுவிவரத்தையும் அளித்தார். ஸ்டீவன்ஸ் கூறியதில் பழப்பூச்சியான டுரோசோஃபைலாவில் (**drosophila melanogaster**) (படம் 43) எட்டு



படம் 43.

டுரோசோஃபைலாவின் இனங்களில் XY குரோமோசோம்கள் ஒவ்வொன்றின் கீழ்வரிசையின் பால் குரோமோசோம்கள் உள்ளன.

1. டு. விரிலிஸ்.
2. டு. ஃப்யூனிவெரிஸ்.
3. டு. ரெப்லீட்டா.
4. டு. மான்டானு
5. டு. சூடோ அப்ஸ்கூரா.
6. டு. பிராண்டா.
7. டு. அஜ்டீகா.
8. டு. அஃபினிஸ்.
9. டு. புட்ரீட்டா.
10. டு. மெலனோ காஸ்டர்.
11. டு. வில்லீஸ்டானி.
12. டு. புரோசால்டன்ஸ்.
13. டு. அன்னுசே.
14. டு. காலரேட்டா.
15. டு. ஸ்பைனோஃபிமோரா.
16. டு. அமெரிக்கானு.

(நான்கு சோடி) குரோமோசோம்கள் இருக்கின்றன என்றும், அவற்றில் ஒரு சோடி மட்டும் இருபால்களிலும் வேறுபட்டிருக்கின்றது என்றும் கூறினர். பெண் பூச்சியில் உள்ள இரண்டு குரோமோசோம்களுக்கு XX என்றும், ஆண் பூச்சியில் உள்ளவற்றிற்கு XY என்றும் பெயரிட்டுள்ளனர். இவை தாம் பால் நிர்ணயிக்கும் குரோமோசோம்களாகும்.

பழப்பூச்சியில் ♀ = 6 A A + X X A A = ஆட்டோசோம்கள் (autosomes) 3A+X

குரோமோசோம்கள் ♂ = 6 A A + X Y X X X Y = பால் குரோமோசோம்கள் (sex chromosomes) 3 A + X or Y

ஆண் பெண் பூச்சிகளில் X குரோமோசோம்கள் நேராகவும் ஆண்பூச்சியில் காணப்படும் மற்றொரு குரோமோசோம் வளைந்தும், சமமற்ற கரங்களுடனும் காணப்படும். டி. எச். மார்கன் (T. H. Morgan) என்பவர் கொலம்பியா பல்கலைக்கழகத்தில் இந்நூற்றுண்டு ஆரம்பத்திலிருந்து ஆராய்ச்சிகள் செய்து பல்வேறு ரகப் பழப்பூச்சிகளை உற்பத்திசெய்து அவற்றைப்பற்றி விரிவாகக் கூறியுள்ளார். இவ்வாறே மற்ற விலங்குகளிலும் பால் குரோமோசோம்கள் காணப்படுகின்றன. அவற்றைப்பற்றிப் பின் விவரமாகக் கூறப்படும்.

மனிதனில் பால் நிர்ணயித்தல்

ஆண் பெண் அவற்றில் காணப்படும் பால் குரோமோசோம்களைப் பொறுத்தவையே.

மேலே குறிப்பிட்டது போலவே X X குரோமோசோம்கள் பெண்களிலும், XY குரோமோசோம்கள் ஆணிலும் இருக்கின்றன. இவற்றுடன் மற்ற 44 ஆட்டோசோம்களும் காணப்படுகின்றன. இவற்றைச் சுருக்கமாகக் கீழே கண்டவாறு கூறுவதுண்டு.

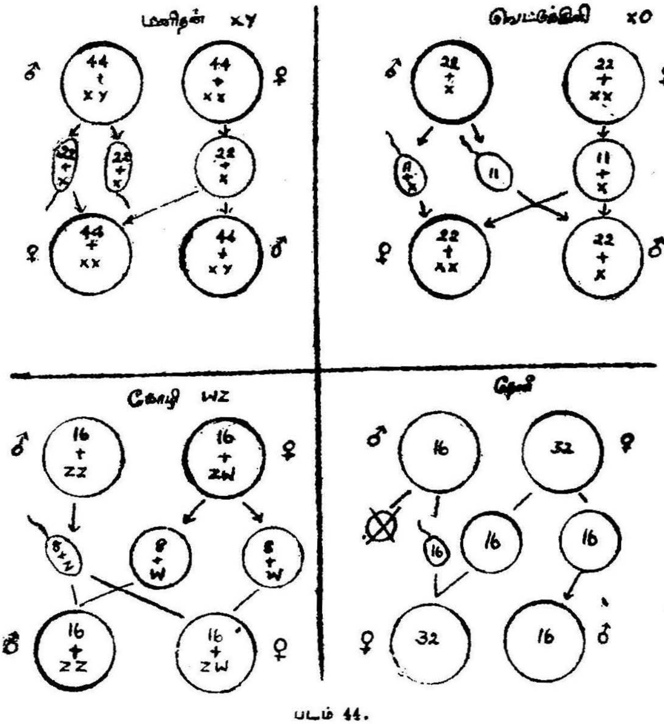
மனிதன் ♀ = 22 A A + X X AA = 2 2 A + X இனச் செல்கள்

ஆட்டோ சோம்கள்
Autosomes

♂ = 22A + XY XXY } பால்குரோமோசோம்கள் (Sex chromosomes)

22A + X or Y

படம் 44 மனிதனில் பால் நிர்ணயித்தலை விளக்குகிறது. பாதி விந்துகளில் Xம், மற்றப் பாதியில் Yம் இருப்பதால் அவை அண்டங்ளுடன் சேர்ந்து சம அளவு ஆண்களையும் பெண்களையும் (1:1) உண்டாக்குகின்றன. ஆனால் ஒரு குறிப்பிட்ட குடும்பத்தில் இம்



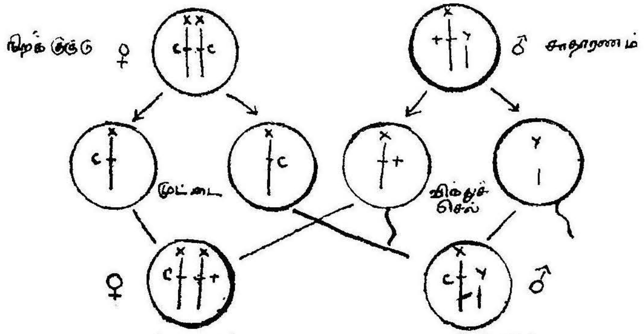
படம் 44.
பல்வேறு வகைப்பால்- நிர்ணயங்கள்.

மாதிரி 1 : 1 என்ற விகிதம் நேராமலும் இருக்கலாம். ஏனெனில் அது கருத்தரிக்கும் இனச் செல்களைப் பொறுத்தே அமைகிறது.

மனிதனில் பால் இணைந்த மரபு வழியடைதல்

(Sex Linked Inheritance in Man)

மனிதனி நிறக்குருடு (Colour Blindness): கண்ணிலுள்ள கூம்புகள் (cones) தாக்கப்பட்டால் நிறக்குருடும், கோல்கள் தாக்கப்பட்டால் இரவுக் குருடும் (night blindness) உண்டாகின்றன. இவ்வாறு உண்டாவது பால் இணைந்த மரபு வழியடைதலாகும். ஆண்களைவிடப் பெண்கள் தாம் நிறக்குருட்டினால் பாதிக்கப் படாதவர்களாவர். ஆனால் ஒரு பெண்ணிடம் இந்த ஜீன் இருந்து விட்டால், அவள் சாதாரண (normal) மனிதனை மணந்தால், அவளுடைய பையன்கள் யாவரும் நிறக்குருடர்களாகவும், பெண்கள் பாதிக்கப்படாமலும் இருப்பார்கள். இதை விளக்க அவருடைய X குரோமோசோம்களில் நிறக்குருடு ஜீன் இருப்பதே காரணமாகும் (படங்கள் 45, 46).

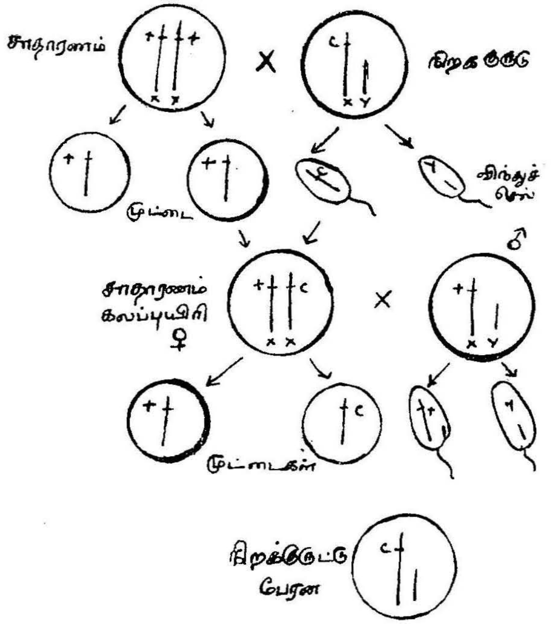


படம் 45.

நிறக்குருடு தாய் நிறக்குருடற்ற தந்தை (நார்மல்) சேர்க்கை.

பால் குணத்திற்கு மட்டுமின்றி மற்ற மூலக்கூறுகளுக்கும் அந்த குரோமோசோமில் ஜீன்கள் இருக்கின்றன. உதாரணமாக நிறப்பார்வைக்கும் ஜீன் இருக்கிறது. X குரோமோசோமில் பால் நிர்ணயிக்கும் ஜீன்களுடன் மற்ற மூலக் கூறு (traits) ஜீன்களும் இருக்கின்றன. அதாவது நார்மல் பார்வை ஜீன்கள், நிறப்

பார்வை ஜீன்கள் முதலியன ஆகும். X குரோமோசோமில் ஏற்பட்ட ஒடுங்கும் மியூட்டேஷன் நிறக்குருடுக்குக் காரணமாகும்.



படம் 46.

தந்தையிடமிருந்து நிறக்குருடு ஜீன் தன்பெண்மூலம் பாதி பேரன்களுக்குச் செல்லுதல்.

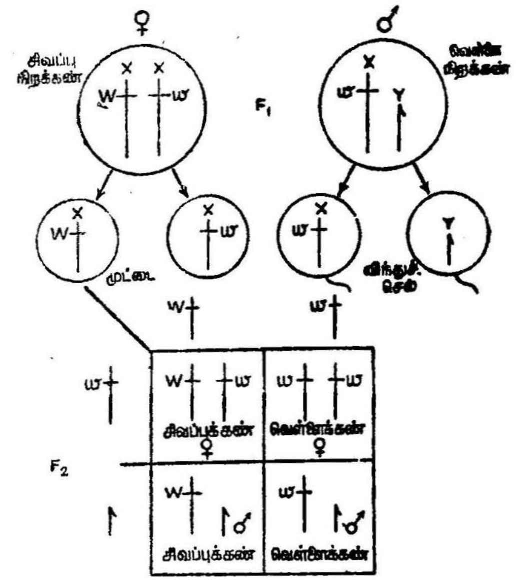
இதுதான் C (நிறக்குருடு-colour blindness) ஜீன் என்று குறிப்பிடப்பட்டிருக்கிறது. இதற்குரிய நார்மல் அல்லீல் + என்றும் குறிப்பிடுவோம். ஒரு நிறக்குருடு பெண் ஒவ்வொரு X குரோமோசோம் மூலம் C என்ற நிறக்குருடு ஜீனைத் தாங்கிச்செல்கிருள். அவளுடைய ஜீனோடைப் சூத்திரம் C/C ஆகும். ஒரு நார்மல் மனிதனின் + ஜீனை X குரோமோசோம் தாங்கிச் செல்கிறது. Y குரோமோசோம் எதையும் கொண்டு செல்லாது. ஆகையால் சிறியதாகக் காண்பிக்கப்பட்டிருக்கிறது. அவனுடைய ஜீனோடைப் சூத்திரம் +/—. இவர்களுக்குப் பிறக்கும் பையன்கள் ஒரு

X ஐத் தாயிடமிருந்தும் மற்றொரு Y யைத் தந்தையிடமிருந்தும் பெறுகிறார்கள். தாயிடமிருந்து வரும் X குரோமோசோம் நிறக் குருடு (c) ஜீனைத்தாங்கிச் செல்வதால் பையன் நிறக்குருடன் ஆகிறான். ஆனால் அவர்களுக்குப் பிறக்கும் பெண்கள் தாயிடமிருந்து ஒரு X குரோமோசோமையும் தந்தையிடமிருந்து மற்றொரு X குரோமோசோமையும் பெறுகிறார்கள். தந்தையிடமிருந்து பெற்ற X குரோமோசோம் நார்மலாக (+) இருப்பதால் தாய்க் குரோமோசோமிலுள்ள நிறக்குருடு (c) ஜீனை அமுத்தி (ஒடுக்கி) வெளிக்காட்டாது செய்துவிடுகிறது. நார்மல் தோற்றமாக இருக்கிறார்கள் (படம் 46). இவ்வாறே மற்றச் சேர்க்கையும் காண்க.

X குரோமோசோமில் உள்ள ஓர் ஒடுங்கும் மியூட்டேஷன் (recessive mutation) நிறக்குருட்டை உண்டாக்கியிருக்கிறது. நிறக்குருடு பெண்ணிற்கும், நிறக்குருடற்ற சாதாரண மனிதனுக்கும் பிறக்கும் குழந்தைகள் ஆண், பெண் 1:1 விகிதத்தில் காணப்படும். நிறக்குருடு ஜீனுக்கு C (mutant gene) என்றும், சாதாரண அல்லது நார்மல் (normal) அல்லீல் ஜீனுக்கு + என்றும் அடையாளமிடுவோம். X குரோமோசோம்கள் தாம் அந்த ஜீன்களைத் தாங்கிச் செல்கின்றனவேயன்றி Y குரோமோசோம்கள் எடுத்துச் செல்லா. ஆகவே நிறக்குருடற்ற தாய் தன் X குரோமோசோம்கள் மூலம் + ஜீனைத் தாங்கிச் செல்கிறாள். ஆகவே அவளுடைய குரோமோசோம் ஜீன் வாய்பாடு +/+ ஆகும். ஆனால் தந்தையின் குரோமோசோம் நிறக்குருடு ஜீனைத்தாங்கிச் செல்கிறது. Y ஜீன் ஒன்றையும் தாங்கிச் செல்வதில்லை. X குரோமோசோமில் உள்ள ஜீன் விந்து மூலமாக, நார்மல் அண்டத்துடன் சேர்ந்து நார்மல் ஹைபிரிட்களை உண்டாக்குகிறது. இவள் ஒரு நார்மல் மனிதனை மணந்தால் இவர்களுக்கு நார்மல் பெண்களும் (படத்தில் காட்டவில்லை) நிறக்குருடு பையன்களும் பிறக்கிறார்கள். ஏனெனில் பெண்மூலமாக நிறக்குருடு ஜீன் இரண்டாம் தலைமுறையில் (பேரன்) தோன்றுகிறது (படம் 46). இதையே ஜீனோடைப் விளக்கத்தில் கூறலாம். தாய் +/+ தந்தை C/— (வெற்றிடம் Y குரோமோசோம் எந்த ஜீனையும் தாங்கிச்செல்லவில்லை என்பதைக் குறிக்கிறது). மகள் ஹைபிரிட் நார்மல் C/+; மற்ற மகன்கள் +/— (சாதாரணப் படத்தில் காட்டவில்லை). மகள்கள் நார்மல் மனிதனை மணந்தால் (c/+ × +/-) அவர்களுக்குப் பிறக்கும் குழந்தைகளில் பாதிபேர்கள் (ஆண்) நார்மலாகவும் (+/--) இருப்பார்கள். இரண்டாம் தலைமுறையில் பெண்கள் (படத்தில் காட்டவில்லை) நார்மல் தந்தையிடமிருந்து ஒரு + ஐப் பெறு

வதால், தாயிடமிருந்து + அல்லது C பெற்றிருப்பதாலும் அவர்கள் நார்மலாக இருப்பார்கள். அவர்கள் தாயிடமிருந்து + அல்லது C பெற்றிருந்தாலும் பாதிபேர் சுத்த நார்மலாகவும் (**pure normal**), பாதிபேர் ஹைபிரிட்களாகவும், தோற்றத்தில் எதுவும் தெரியாமலும் இருப்பார்கள். இதையே 1 +/+ : 1 c/+ என்றும் குறிப்பிடலாம். இக்காரணங்களினால்தான் பெண்களிடத்தில் நிறக்குருடு அதிகமாகக் காணப்படுவதில்லை.

மேற்கூறிய விளக்கங்களில் நிறக்குருடு ஜீனுக்குப் (C) பதில் குருதிப்பற்று நோய்க்குரிய (hemophilia) ஜீனை (h) வைத்துத் தலைமுறையுரிமையைக் காண்க. X குரோமோசோம்களில் ஜீன்களுக்குப் பால் இணைந்த குரோமோசோம்கள் (**sex-linked chromosomes**) என்று பெயர். அவை தலைமுறை வழியாக இணைந்து காணப்படுவதால் இதைப் பால் இணைவு (**sex-linkage**) என்று கூறுவது வழக்கம்.



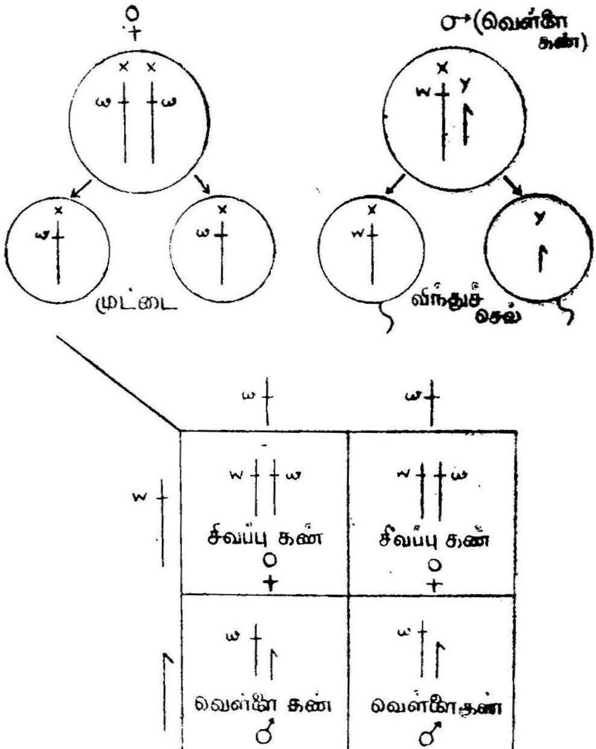
படம் 47.

டுரோசோஃபைலா நார்மல் 1.ம் தலைமுறை.

டுரோ சோஃபைலாவில் பால் இணைந்த தலைமுறையுரிமை (Sex-Linked Inheritance in Drosophila)

மனிதனில் காணப்படும் நிறக்குருடு மரபு வழிவருதலைப் போல், டுரோசோஃபைலா என்ற பழப் பூச்சியிலும் மற்றக் இஞ்

மட்ட விலங்குகளிலும் காணலாம். உதாரணமாகச் சிவப்பு நிறக் கண் வெள்ளை நிறமாவதைக் கூறலாம் (படங்கள் 47, 48, 49). ஓங்கும் அல்லீல் W என்றும், ஒடுங்கும் அல்லீல்-மியூட்டேஷனால் மாறியதை w என்றும் குறிப்பிடுவோம். வெள்ளை நிறப்பெண் பூச்சி யுடன் சிவப்பு நிற ஆண்சேர்ந்தால் (w/w × W/-) அவைகளுக்குப் பிறக்கும் பெண்கள் ஹைபிரிட் சிவப்பாகவும் (w/W) ஆண்கள் வெள்ளையாகவும் (W/-) இருக்கும்.

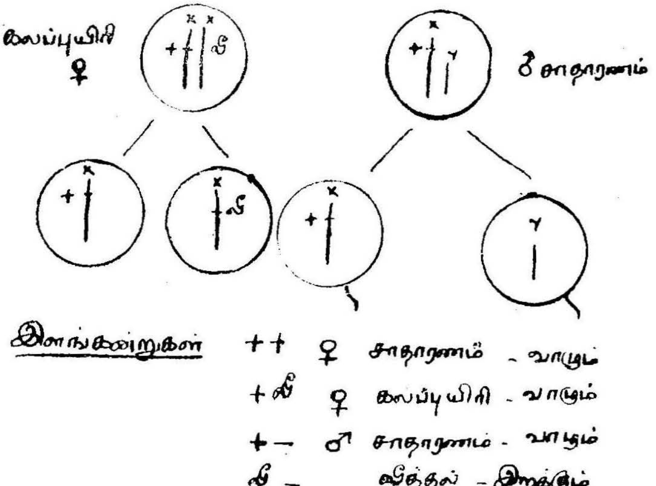


படம் 48.
டுரோசோஃபைலா : நார்மல் 2-ம தலைமுறை

பால் இணைந்த லீத்தல்கள் (கொல்லிகள்)
(Sex Linked Lethels)

டுரோசோஃபைலா பூச்சியின் குடும்பத்தில் சில சமயங்களில்

பாதி அளவு ஆண் ஈக்கள் காணுமல் போவதுண்டு. பால் விகிதம் 2 பெண் : 1 ஆண் என்று காணப்படும். ஒரு குடும்பத்தை எடுத்து ஆராய்ந்து பார்த்ததில் தாய்ப்பூச்சியின் X குரோமோசோமில் இறக்க வைக்கும் லீத்தல் ஜீன் இருந்திருக்கிறது. இந்த ஜீன் (l) இருந்தால் இளம் வயதிலேயே இறக்க நேரிடுகிறது. ஆனுல் தாய் ஹைபிரிடாக இருந்தால் அதில் ஓங்கும் நார்மல் (+) ஜீனும், மற்றென்று ஒடுங்கும் லீத்தல் (l) ஜீனும் இருக்கும். இவ்விரண்டும் X குரோமோசோம்களில் காணப்படுகின்றன. அதனுல்தான் இந்த ஹைபிரிட் பூச்சி உயிருடன் இருக்கிறது. ஓங்கும் ஜீன் (+) ஒங்கும் ஜீனை (l) அழுத்தி வெளிக்காட்டாமல் வைத்துவிடுகிறது. ஆனுல் நார்மல் தந்தை



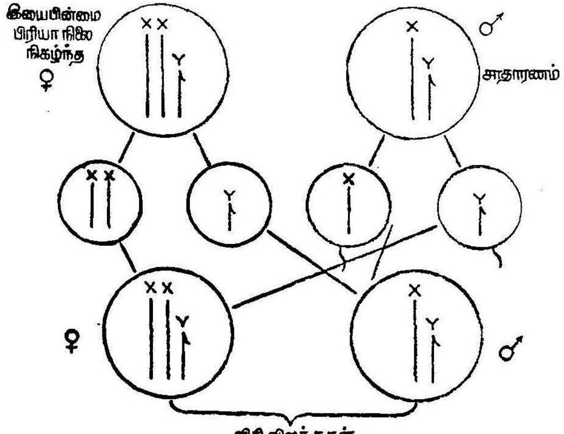
படம் 49.

டுரோசோஃபைலா : பால் இணைந்த லீத்தல்.

யுடன் சேரும்போது l ஐப் பெற்றுள்ள X குரோமோசோம் Yயுடன் சேரநேரிட்டால், அந்த ஆண் இறக்க நேரிடுகிறது. மற்றமரபுக் கொழுந்துகள் ஒரு நார்மல் X-ஐப் பெறுவதால் உயிர்தப்புகின்றன. அதனுல் 2 ♀ : 1 ♂ என்ற விகிதம் கிடைக்கிறது. இதையே படம் 49 விளக்குகிறது.

X குரோமோசோம்களின் இயைபின்மைப் பிரியாநிலை (Nondisjunction of the X Chromosomes)

டுரோசோஃபைலாவின் முதல் மையாசிஸ் பிரிவின் போது இயற்கை மாறுன X குரோமோசோம்கள் பிரியாமல் தனித்தனி ஊசைட்டுக்களுக்குச் செல்லாமல் இரண்டும், இரண்டாம் ஊசைட்டிற்கோ (secondary oocyte), போலார் உறுப்புக்களுக்கோ (polar bodies) சென்றுவிடும். அவ்வமயம் மற்ற ஆட்டோசோம்களுடன் இரு X குரோமோசோம்களும் ஒரே முட்டையினுள் இருக்க நேரிடுகிறது. அல்லது இரு X குரோமோசோம்கள் இல்லாமல் முட்டைகள் இருக்க நேரிடுவதுண்டு. பழக்கத்திற்கு மாறுக அவ்வாறு நிகழ்வதற்கு **இயைபின்மைப் பிரியாநிலை** (nondisjunction) என்று பெயர். அம் மாதிரியான இரு குரோமோசோமுள்ள அல்லது அற்ற முட்டையைச் சாதாரண ஒரு X அல்லது Y குரோமோசோமுள்ள விந்து கருத்தரிக்கச் செய்தால் மூன்று குரோமோசோம்கள் அப்புதிய உயிரில் காணப்படுகின்றன. அது Y அல்லது X விந்துகளின் சேர்க்கையைப் பொறுத்து XXX, XXY



படம் 50.

டுரோசோபைலா : விதிவிலக்கான பெண்ணும், ஆணும் இயைபின்மைப் பிரியாநிலை மூலம் தோன்றுதல்.

என்ற மூன்று குரோமோசோம்களுடன் காணப்படும். இவற்றிற்குச் (சூப்பர்) பெண், ஆண் என்று பெயர். X குரோமோசோம் இல்லாத முட்டைகளுடன் X உள்ள விந்து கருத்தரித்தால்

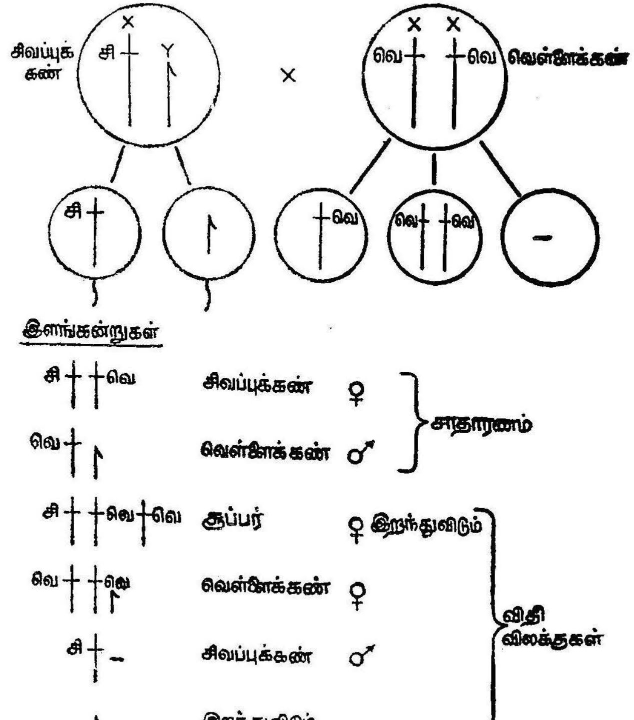
ஒரு X உடன் ஆண் பூச்சி உண்டாகும். இதில் Y இல்லாததினுல் அது மலடாக (sterile) இருக்கிறது. ஆனுல் தோற்றத்தில் எவ்வித மாறுபாடுமிருக்காது. Y குரோமோசோம் மட்டும் பெறும்போது அதில் X இல்லாத காரணத்தால் பூரண உடல் பெருமல் இறந்து விடுகிறது (படம் 50).

மேற்கண்ட படத்தை மனிதனிடத்தில் ஏற்படுவதாகக் கொண்டால் 2 வது கிளின்ஃபெல்டர் சிண்ட்ரோமாகவும் (Klinefelter's syndrome), 3-வது டர்னர்ஸ் சிண்ட்ரோமாகவும் (Turner's syndrome) மாறி விடுவார்கள். மேற்கண்ட விதி விலக்கான இணைபின்மைப் பிரியா நிலைப்பூச்சியுடன் (nondisjunctional fly) நார்மல் பூச்சி சேர்ந்தால் விதி விலக்கான பெண்ணும் (exceptional daughter), விதி விலக்கான ஆணும் (exceptional son) பிறக்கின்றனர் (படம் 50).

இணைபின்மைப் பிரியா நிலைப் பெண்ணில் W (வெள்ளைக் கண்கள்) ஜீன், இரு X குரோமோசோம்களிலும் இருக்கின்றன என்று கொள்வோம். இப்பூச்சியுடன் நார்மல் (சிவப்புக் கண் களுடைய) ஆண் சேர்ந்தால் (நார்மல் அல்லீல், +) பல சேர்க்கை யினுள் 2 X அண்டத்துடன் Y உள்ள விந்து சேரும். இது வெள்ளை நிறக் கண்களுடைய மகளாக இருக்கும். தாயிடம் Y குரோமோசோம் இல்லாதிருந்தால் எல்லா மகன்களுக்கும் சிவப்பு நிறக்கண்கள் இருக்கும். ஏனெனில் எல்லோரும் ஒரு X குரோமோ சோமைத் தாயிடமிருந்து பெற்றிருப்பார்கள். மற்ருென்று தன் தந்தையிடமிருந்து பெற்றிருப்பார்கள். தாயிடம் Y குரோமோ சோம் இருந்தாலும், பெரும்பாலான மகள்களிடத்தில் தந்தையிட மிருந்து வந்த X குரோமோசோம் இருப்பதால் எல்லாம் சிவப்புக் கண்களைப் பெற்றிருக்கும். ஆனுல் தாயிடம் ஒரு Y இருந்தால் சுமார் 5% மகள்கள் தாயிடமிருந்து X-ஐயும், தந்தையிடமிருந்து Y-யையும் பெறுகின்றனர். மற்றப் பெண்களைப் போலில்லாமல் இவை வெள்ளைநிறக் கண்ணுடைய பெண்களாக இருப்பதால் விதி விலக்கு மகள்கள் (exceptional daughters) என்று பெயர். X இல்லாத ஓர் அண்டத்துடன் (Y குரோமோசோம் மட்டும் உண்டு) X-ஐக் கொண்ட விந்து, கருத்தரித்தால் சிவப்புக் கண்ணு டைய ஆண் (exceptional son) உண்டாகும். மேற்கூறியவை இரண்டும் விதிவிலக்குகளே (படம் 51, 52).

நார்மல் பெண் பூச்சியின் X குரோமோசோம் எதிர்பாராத விதமாகப் பிரியாமல் இணைபின்மைப் பிரியாநிலை ஏற்பட்டால் அதற்கு அந்த X-ன் முதல்தர இணைபின்மைப் பிரியா நிலை

(primary nondisjunction) (படம் 50) என்றும். XXY பெண்ணில் ஏற்படும் இயைபின்மைப் பிரியாநிலைக்கு இரண்டாம்தர இயைபின்மைப் பிரியாநிலை (**secondary nondisjunction**) (படம் **51**) என்றும் கூறுவதுண்டு. ஆட்டோசோம்களிலும் இம்மாதிரியான இயைபின்மைப் பிரியாநிலை ஏற்படுவதுண்டு.

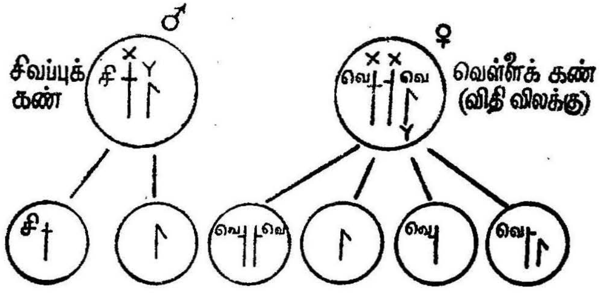


படம் **51.**

முதல்தர இயைபின்மைப் பிரியாநிலை.

மேற்கூறியவற்றை உற்று நோக்கினல் XY குரோமோசோம்கள் ஆட்டோசோம்களுடன் சேர்ந்து பால் நிர்ணயம் செய்கின்றன என்பது புலனாகும். அவை

இரண்டு எண்களாக இருந்து (2h) ஒற்றை எண்களாகப் பிரிகின்றன என்றும் அவற்றின் விதிக் கோட்பாடு (ratio theory) எவ்வாறு இருக்கின்றன என்றும் தெரிகிறது. இதையே 1932இல் டாக்டர் சி. பி. பிரிட்ஜஸ் (Dr. C. B. Bridges) பால் நிர்ணயிக்கும்



படம் 52.

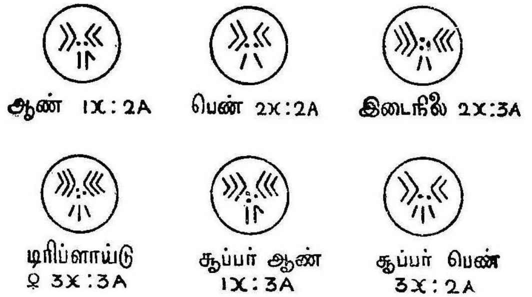
படம் 52.

இரண்டாம்தர இயைபின்மைப் பிரியா நிலை.

விதிக் கோட்பாடு என்று விளக்கினர். இதை ஜீன்களின் சமநிலைக் கோட்பாடு (Theory of Genic Balance) அல்லது சமசீர்க் கொள்கை என்று கூறுவதுண்டு (படம் 53).

அதன்படி

குரோமோசோம்கள்		பால்	விகிதம்
2AXX	—	பெண்	2X/2A = 1
2AXY	—	ஆண்	1X/2A = 0·5
2AXXX	—	சூப்பர் பெண்	3X/2A = 1·5
2AXXY	—	பெண்	2X/2A = 1
3AXY	—	சூப்பர் ஆண்	1X/3A = 0·33
3AXX	—	இடைநிலை	2X/3A = 0·67
3AXXY	—	இடைநிலை	2X/3A = 0·67
4AXXX	—	இடைநிலை	3X/4A = 0.75



படம் 53.

டுரோசோஃபைலா: X குரோமோசோம்களுக்கும் ஆட்டோசோம்களுக்கும் இடையே பாலின் சமநிலை.

பெண்ணிற்கு விகிதம் 1 என்றும், ஆணிற்கு விகிதம் 0·5 என்றும் இருக்க வேண்டும். இவ்விகிதத்தில் அதிகமோ குறைவோ நிகழ்வதால் அவை சூப்பர் (கூடுதல்) அல்லது இடைநிலைகளாக (intersexes) உண்டாகும். Y குரோமோசோமிற்கு மதிப்பில்லை. A = ஒரு செட் ஒற்றை எண், X = பெண்பாலை நிர்ணயிக்கும் குரோமோசோம் ஆகும். 1901ஆம் ஆண்டு கோல்ட்ஷ்மிட் (Richard Goldschmidt) என்பவர் இக்கொள்கையையே பால் நிர்ணயித்தலில் இரட்டை மயம் இடைநிலைப் பூச்சிகளைக் (diploid intersexes) கொண்டு விளக்கினார்.

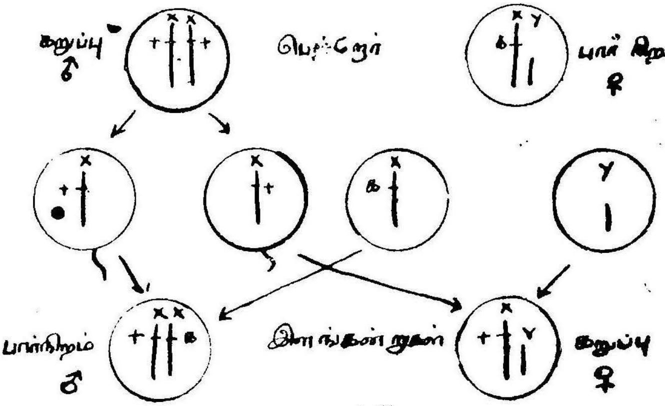
லைமாண்ட்ரியா டிஸ்பர் (Lymantria Dispar) என்ற அந்துப் பூச்சியில் (Gypsy Moth) இடைநிலைப் பூச்சிகள் உண்டாவதைப் பற்றிக் கூறும்போது ஜீன்களின் சமநிலைக்குப் பதில் சைட்டோபிளாஸத்தின் அளவு கூடுதல், குறைவு (strong, weak) என்பதைக் கொண்டு விளக்கினார். (உ-ம்) ஐரோப்பியப் பெண் பூச்சியுடன் ஜப்பானிய ஆண் பூச்சி சேர்ந்தால் இடைநிலைப் பூச்சிகள்

உண்டாகின்றன. (இவை இரண்டும் இரு வேறு நாடுகளைச் சேர்ந்தவையாகும்.) இவற்றின் ஆற்றலை (potency) மையமாகக் கொண்டு அவர் விளக்கினார். ஜப்பானியப் பூச்சிகளுக்கு ஆற்றல் அதிகமென்றும், ஐரோப்பிய பூச்சிகளுக்கு ஆற்றல் குறைவென்றும் அதனால் அதிகமான ஆண் தன்மையோ (maleness), பெண் தன்மையோ (femaleness) நிர்ணயிக்கின்றன என்றும் கூறியுள்ளார். ஒவ்வொன்றிற்கும் திருப்பு முனைகள் (turning points) இருக்கின்றன என்றும் விளக்கினார்.

பறவைகளின் பால் நிர்ணயித்தல்

(Sex Determination in Birds)

மீன்கள், பறவைகள், பட்டுப் பூச்சிகள், வண்ணத்துப் பூச்சிகள் முதலியவற்றில் ஆண்பால் நிர்ணயிக்கும் ஜீன்கள் X குரோமோசோம்களில் இருக்கின்றன. குழப்பமேற்படா வண்ணமிருக்க XY-க்குப் பதில் ZW என்ற எழுத்துக்கள் உபயோகப்படுத்தப்பட்டுள்ளன. சேவலுக்கு ZZ என்ற ஒத்த குரோமோசோம்களும்,



படம் 54.
கருப்பு X பார்திறக் கோழியின் சேர்க்கை.

பெட்டைக் கோழிக்கு ZW என்ற ஒவ்வாக் குரோமோசோம்களும் இருக்கின்றன. விந்துகள் Z குரோமோசோம்களையும், அண்டங்கள் Z அல்லது W குரோமோசோம்களையும் எடுத்துச் செல்லும். பால் நிர்ணயிக்கும் முறையைப் (படங்கள் 44, 54) விளக்குகின்றன,

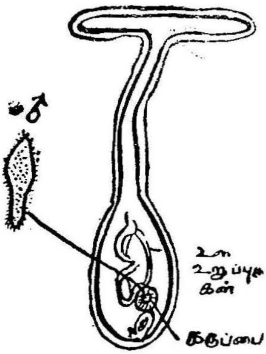
தேனீயில் பால் நிர்ணயித்தல்
(Sex Determination in Bees etc.)

தேனீ, குளவி, எறும்புகளில் பால் நிர்ணயம் வேறு வகையாக அமைந்துள்ளது (படம் 44). P.W. ஒயிட்டிங்கும், அண்ணு R ஒயிட்டிங்கும் (P.W. Whiting and Ann R. Whiting) ஹேப்ரோ பிரேகன் (Habrobracon) என்ற குளவியில் எவ்வாறு பால் நிர்ண யம் செய்யப்படுகிறது என்பதை விளக்கியுள்ளார்கள். இந்தக் குளவி புழுவில் (meal worm) ஒட்டுண்ணி வாழ்க்கை நடத்து கிறது. தேனீ அல்லது குளவிக் கூட்டில் வேலை செய்வன, இராணி, ஆண், காவல் ஈ போன்ற வகைகள் ஆகும். இராணி மட்டும் முட்டையிடும். சில முட்டைகள் கருத்தரித்தவையாகவும், சில கருத்தரிக்காதனவாகவும் அதனுல் இட முடியும். கருத்தரிக்காத முட்டைகளிலிருந்து ஆண்களும், கருத்தரித்தவற்றிலிருந்து பெண் களும் வெளிவரும். சில சமயம் கருத்தரித்ததிலிருந்தும் ஆண் வெளி வருவதுண்டு. இங்கு ஒற்றை எண் மயமான (haploid) கருத்தரியாத முட்டைகள் ஆண்களாகின்றன. கருத்தரித்தால் இரட்டை எண் மயமான (diploid) பெண் ஈக்கள் வருகின்றன. ஆகவே பெண் ஈக்கள் எப்போதும் இரட்டை எண் கொண்ட வையேயாகும். இங்குக் குரோமோசோம்களின் விகிதம் ஒன்றே யாகும். இதில் ஒரு வரிசையான ஜீன்கள் அல்லீல்கள் போல் பழகுகின்றன (a, b, c, d etc.). ஒரு குறித்த நபரில் இந்த வரி சையின் எண் ஒன்று, தனித்தோ சேர்ந்தோ காணப்படும். ஒத்த தாக இருந்தால் a/a (homozygous) ஆணுகவும், ஒவ்வாதனவாக இருந்தால் a/b (heterozygous) பெண்ணுகவும் இருக்கும். ஆனுல் ஒற்றை எண் கொண்ட (a or b) ஆண்களும் உண்டு. தற்கலப்புச் சேர்க்கை (self-fertilization) ஒத்த இரட்டை மயங்களைக் (diploid) கொடுக்கும். பெண் பூச்சி a/bயாக இருப்பதால் அது (a) யுடன் சேர்வதாகக் கொண்டால் அதிலிருந்து a/a என்ற எண் உண்டாகும். உறவில்லாத மற்ருென்றுடன் (c) சேர்வதால் a/c or b/c என்ற ஒவ்வாத கருமுட்டைகள் உண்டாகும். ஆகவே இதில் ஒத்த நிலை (homozygosity), ஒவ்வா நிலை (heterozygosity) என்ற இரண்டும் பால் குணத்தை நிர்ணயம் செய்கின்றன. இரண் டிலும் குறிப்பிட்ட பால் லோகஸ்கள் (sex locus) அல்லீல்களாக இருக்கின்றன. இங்கு லோகஸ் என்பது X குரோமோசோமின் சிறு பகுதியே (segment) ஆகும். அதையே a, b, c etc. என்ற அல்லீல்களாகவும், அவை ஒரே X குரோமோசோமில் அடுத் தடுத்து வெவ்வேறு லோகஸ்களில் இருக்கின்றன என்றும் விளக்கி யுள்ளார்கள். பால் நிர்ணயிக்கும் ஜீன்கள் X செக்மெண்ட்டில்

மட்டும் இருக்கின்றன என்று கொள்ளக்கூடாது. மற்ற லோகஸ் களிலும் அவை இருக்கின்றன. அதனால்தான் ஒற்றை எண் முட்டைகள் ஆண் வர்க்கத்தை உண்டாக்குகின்றன.

பொனல்லியாவில் பால் நிர்ணயித்தல் (Sex Determination in Bonellia)

இதுவரை குரோமோசோம்கள் தாம் பால் குணத்தை நிர்ணயம் செய்கின்றன என்று கூறி வந்தோம். ஆனால் சூழ்நிலைகள் கூடப் (environments) பால் நிர்ணயிக்கும் என்று தெரிகிறது. பொனல்லியா என்ற கடல் வாழ் புழுவில் (படம் 55) ஆண்பால் நிலையைச் சூழ்நிலைதான் நிர்ணயிக்கிறது. ஆண்புழு சிறியதாகவும், பெண் புழு பெரியதாகவும் இருக்கும். இவ்விரண்டும் நெருங்கியே வாழ்கின்றன. ஆண் புழு முதலில் பெண் புழுவின் உறிஞ்சு குழலிலும் (proboscis) பிறகு அண்டக் குழாயிலும் வசிக்கும்.



படம் 55.

பொனல்லியா: பெண் புழுவின் உள் தோற்றம் ஆண் புழு கருப்பையில் காணுதல்.

1. பெண் புழு.
2. உள் உறுப்புகள்.
3. கருப்பை.

ஆனால் இளம் புழுக்களாக (லார்வா) இருக்கும்போது அவை ஆணாக இல்லாமலும் பெண்ணாக இல்லாமலும் இருக்கின்றன. அந்நிலையில் ஒன்று பெண் புழுவின் உறிஞ்சு குழலில் செல்ல நேரிட்டால் அது அங்கிருந்து கருப்பையினுள் சென்று பிறகு முழு ஆணாக மாறிவிடுகிறது. அதன் வளர்ச்சியும் குறைந்துவிடுகிறது. ஆனால் பெண் புழுவின் அளவு பெருப்பதில்லை அவ்வாறின்றி அந்தப் புழு தனித்து நீரில் வாழும் நிலை ஏற்பட்டால் பெண் புழுவாகவே வளர்ந்துவிடுகிறது. இந்நிகழ்ச்சியில் ஹார்மோன்களும் பங்குகொள்வதாகத் தெரிகிறது. ஆகவே இங்குச் சூழ்நிலைதான் பால் இனத்தை நிர்ணயிக்கிறது. அநேகமாகப் பொனல்லியாவில் ஆண் தன்மைக்கும் (maleness) பெண் தன்மைக்கும் (femaleness) கூறிய இரு ஜீன்களும் இருக்கலாம் என்றும் கருதுகிறார்கள்.

இருபால் பிராணிகள் (Hermaphrodites)

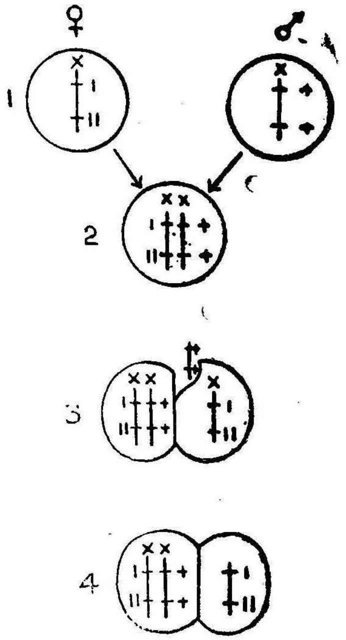
மண்புழு, நத்தை போன்றவற்றில் இருபால்களும் ஒன்றிலேயே இருக்கின்றன. பூக்கும் தாவரங்களிலும் இவ்வாறே உள்ளன. இவற்றில் இருபாலுக்குரிய ஜீன்கள் உடலின் எல்லாப் பகுதிகளி

ஆம் காணப்படுகின்றன. ஆனால் ஒரு பாலின் தன்மை ஒரு பகுதியிலும், எதிர்பாலின் தன்மை மற்றொரு பகுதியிலும் உள் சூழ்நிலையைப் பொறுத்து இருக்கின்றன. பொனல்லியாவில் வெளிச் சூழ்நிலையும் (external environment), இவற்றில் உள் சூழ்நிலையும் (internal envirnoment) பால் குணங்களை நிர்ணயிக்கின்றன.

இயங்கா இருபால் ஒன்றிகள் (அர்த்தநாரிகள்) (Gynadromorphs - Gynarders)

(இருபால் இணைப்புயிரிகள்)

சில பூச்சிகளின் (உ-ம்: டுரோசோபைலா) உடல் ஒரு பாதி ஆணாகவும், மறுபாதி பெண்ணாகவும் இருக்கும் அவ்வாறான



படம் 56.
இருபால் இணைப்புயிரி உண்டாகும் முறை.

பூச்சிகளுக்கு அர்த்தநாரிகள் என்று பெயர். சில சமயங்களில் சில உறுப்புக்களே மாறியிருப்பதுமுண்டு. அர்த்தநாரிகள் இரு X

குரோமோசோம்களைக் கொண்டு ஆரம்பிக்கின்றன. முதலாவதாகச் செல் பிரியும்போது ஒரு குரோமோசோம் இழக்க நேரிட்டால், அடுத்தடுத்து நிகழும் பிரிவுகளில் இரு குரோமோசோம்கள் ஒரு பாகத்திற்கும், ஒரு குரோமோசோம் மறு பாகத்திற்கும் சென்று விடுகின்றன. உடற் பாகங்கள் அதற்கேற்ப ஆண் பாதியாகவும் பெண் பாதியாகவும் வளர்கின்றன (படம் 56).

பட்டுப் புழுவில் (silk worm) பெண் புழுவுக்கு XY குரோமோசோம்கள் இருக்கின்றன, குன்றல் பிரிவின்போது X-ம் Y-ம் சாதாரணமாகப் பிரியும்போது X அல்லது Yயை முட்டையிலும், மற்றொன்றைப் போலார் உறுப்பிலும் விட்டுப் பிரிவதுண்டு. ஆனால் சில சமயங்களில் போலார் உறுப்பின் நியூக்ளியஸ், முட்டையினுள்ளேயே விட்டுவிடுவதுண்டு. அவ்வாறு நிகழும்போது முட்டையினுள் முட்டை நியூக்ளியசும் போலார் உறுப்பின் நியூக்ளியசும் இருக்க நேரிடுகிறது. அதனால் ஒரு நியூக்ளியஸ் X குரோமோசோமுடனும் இருக்கின்றது. கருத்தரிக்கும்போது இரு விந்துகள் உட்சென்று ஒவ்வொன்றையும் கருத்தரிக்கச் செய்கின்றன. ஆண் பட்டுப் புழுவில் XX குரோமோசோம்கள் இருக்கின்றன என்று தெரியும். ஆகையால் ஒரு விந்துவின் X-ம், அண்டத்தின் X-ம் சேர்ந்து ஆண் பகுதித் திசுக்களையும், அவ்வாறே மற்றொன்று (XY) பெண் பகுதித் திசுக்களையும் வளரச் செய்கின்றன.

சில சமயம் தேனீக்களில் இரு நியூக்கிளியஸ்களுடன் (போலார் உறுப்பு நீக்கப் பெறுமல்) அண்டம் உண்டாக நேரிடும். ஒரு விந்து மட்டும் அதைக் கருத்தரிக்கச் செய்தால், கருத்தரித்த பாதி, பெண் திசுவாகவும், கருத்தரிக்காத பாதி, ஆண் திசுவாகவும் வளர்கின்றன. இதுவே ஒரு பாதி இரட்டை எண் மயத் திசுவாகவும் (diploid), மறுபாதி ஒற்றை எண் மயத் திசுவாகவும் வளர்கிறது.

பால் குரோமோசோம்களும் ஹார்மோன்களும்
(Sex Chromosomes and Harmones)

அண்டச் சுரப்பியும். விந்துச் சுரப்பியும் அண்டங்களையும் விந்துகளையும் உற்பத்தி செய்வதுடன் ஹார்மோன்களையும் வெளிப்படுத்துகின்றன. உடல் வளர்ச்சிக்கு இந்த ஹார்மோன்கள் அவசியமென்றாலும், பால் குரோமோசோம்களைப் பாதிப்பதில்லை. ஆரம்ப வளர்ச்சியில் குரோமோசோம்கள் பாலை நிர்ணயித்தபின், பின் வளர்ச்சி ஹார்மோன்களின் கையில்தான் இருக்கின்றது. ஆகவே ஹார்மோன்கள் வளர்ச்சியில் முக்கியத்துவம் பெறுகின்றன. ஆனால் உடல் வளர்ச்சிக்குப் பல படிகள் இருக்கின்றன. வெளியிலிருந்து ஹார்மோன்கள் ஏற்றப்பட்டாலும் பால் குணம் மாறிவிடுகிறது (ஆண், பெண்ணாக மாறுவது). பசு இரு கன்றுகளை

ஈனும்போது (இரட்டைகள்–twins) அவை வெவ்வேறு பாலாக (sexes) இருந்தால் அதன் பெண் கன்று இயற்கையாக இராமல் மலடாகிவிடும். இவ்விதக் கன்றுக்கு ஃப்ரீமார்ட்டீன் (Free Martin) என்று பெயர். இரண்டு கன்றுகளுடைய இரத்தக் குழாய்கள் சந்திப்பதால் இரத்தக் கலப்பு ஏற்படுகிறது. ஆண் கன்றின் ஹார்மோன் (முன்னதாக உற்பத்தியாகும்) பெண் கன்றின் உறுப்புக்களைத் தாக்கிப் பால் மாற்றம் (sex reversal) உண்டாகிறது. அதனால் பெண் கன்று சரியாக வளர்வதில்லை. ஃப்ராங்க் லில்லி (Frank Lillie) என்பவர் இரட்டைக் கன்றுகள் பற்றி ஆராய்ந்துள்ளார். ஆண் குழந்தைகளின் விந்துச் சுரப்பி வெளி வராமல் (உடலின் உள்ளே இருந்தபடி) பிறப்பதுண்டு. இதற்கு கிரிப்டார்கிசம் (crytorchism) என்று பெயர். ஆண் ஹார்மோன் (male hormone) குறைவாகச் சுரப்பதே இதற்குக் காரணமாகும். அவ்வாறான குழந்தைகளுக்கு ஆண் ஹார்மோன் (testosterone) ஏற்றினால் விந்துச் சுரப்பிகள் வெளி வந்துவிடும். சில சமயங்களில் ஒன்றிலேயே அண்ட-விந்துச் சுரப்பிகள் (ovotestis) வளருவதுமுண்டு. ஹார்மோன்களின் கூடுதல் அல்லது குறைவை ஒட்டியே பால்குணம் உண்டாகிறது.

பால் பல்வண்ணத் தோற்றம்
(Sex Mosaics)

ஒரு நபரின் இனச் செல்களில் பால் குரோமோசோம்கள் காணப்படுகின்றன. ஆனால் உடலின் மற்றச் செல்களில் வெவ்வேறு குரோமோசோம்கள் இரண்டு அல்லது அதற்கு மேலும் தொகுப்பாகக் காணப்படுவதுண்டு. இதற்குப் பல்வண்ணத் தோற்றம் (mosaicism) என்று பெயர். முர்ரேபார் (Murray Barr) என்பவர் பல்வண்ணத் தோற்றமுடைய ஒரு பெண்ணைக் கண்டார். அப்பெண்ணின் வாயிலிருந்தும், புண் புழையிலுமிருந்தும் சுரண்டி எடுத்த (smear) செல்களில் இரு தடுக்கப்பட்ட உறுப்புக்கள் (பார் பாடிகள்-Barr bodies) காணப்பட்டன. இவை XXX குரோமோசோம் காம்ப்ளிமெண்ட்களாகும் (compliment) சாதாரணப் பெண்ணிடம் XX குரோமோசோமும் ஒரு பார் பாடியுமுண்டு. ஆனால் இரத்தச் சோதனை ஆராய்ச்சியில் பால் குரோமேட்டின் இல்லாதிருந்தது. அதாவது XO காம்ப்ளிமெண்ட் இருந்தது. (44 autosomes + X=45 chromosomes and no sex chromatin) தோற்ற வழியமைப்பில் (phenotypically) அப்பெண்மணிக்கு டர்னர்ஸ் சிண்ட்ரோம் (Turner's Syndrome) இருந்தது (பெண்ணாக இருந்தாலும் பருவமடைவதில்லை). அதனால்

பெண் இனச் செல் சுரப்பியில் XO நிலைக்காணப்பட்டது. அப்பெண் மணியிடம் பல்வேறு குரோமோசோம் காம்ப்ளிமெண்டுகள் இருந்த தினல் பல்வண்ணத் தோற்றம் என்று கூறுவதுமுண்டு. இவ்வாறே டுரோசோஃபைலாவிலும் காணப்படுகிறது.

இரட்டைப் பிறவிகளில் பால் நிர்ணயம்

ஒரே பிறப்பில் இரு குழந்தைகள் பிறந்தால் அவற்றிற்கு இரட்டைப் பிறவிகள் (twins) என்று பெயர். இரண்டிற்கு மேலும் பிறப்பதுண்டு. இவ்விரட்டையர்கள் ஒத்திருந்தால் ஒத்த இரட்டைகள் (identical twins) என்றும், மாறுபட்டிருந்தால் ஒவ்வா இரட்டைகள் என்றும் பெயர். ஒத்த இரட்டையர்கள் ஒரே பாலைச் சேர்ந்தவர்களாக இருப்பார்கள். ஆனல் ஒவ்வா இரட்டையர்களின் பால் ஒரே மாதிரியாகவோ, வேறுபட்டோ காணப்படும். இவற்றில் குரோமோசோம்களின் அடிப்படையில் பால் நிர்ணயம் செய்யப்படுகிறது. கீழே தரப்பட்டுள்ள படங்கள் (பக்கங்கள் 206, 207) இரட்டையர்கள் உண்டாவதையும், பால் குணங்களையும் விளக்குகின்றன (படம் 57).

ஜீன்களின் சமநிலைக்கோட்பாடும் இடைநிலைப்பாற்களும் (Gentic Balance and Intersexes)

பாற் குரோமோசோம்களும் (X, Y) ஆட்டோசோம்களும் சேர்ந்து பாற்குணங்களை நிர்ணயிக்கின்றன. இக்கருத்தை விளக்க இரு கோட்பாடுகள் நிலவுகின்றன.

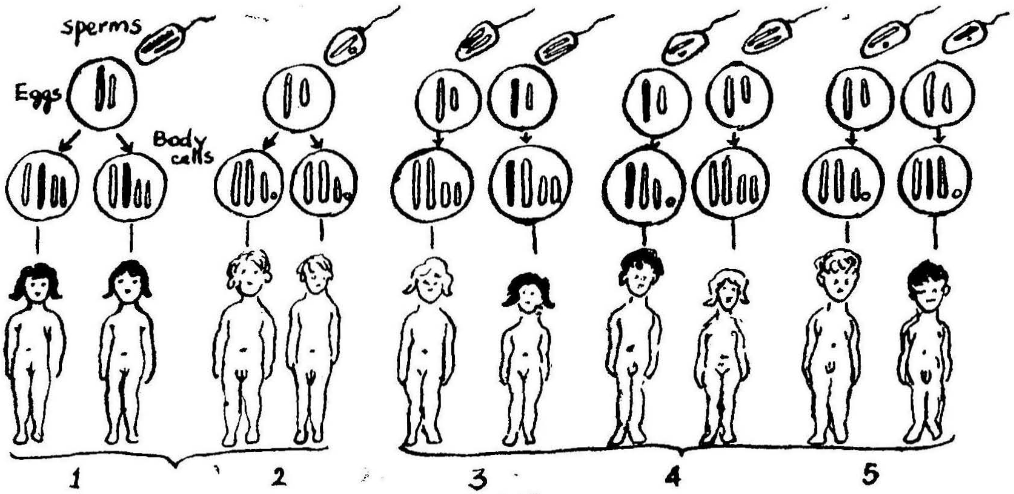
(1) பிரிட்ஜஸ் கோட்பாடு (Bridges Theory)

(2) கோல்ட்ஷ்மிட் கோட்பாடு (Goldschmidt Theory)

1. பிரிட்ஜஸ் கோட்பாடு:

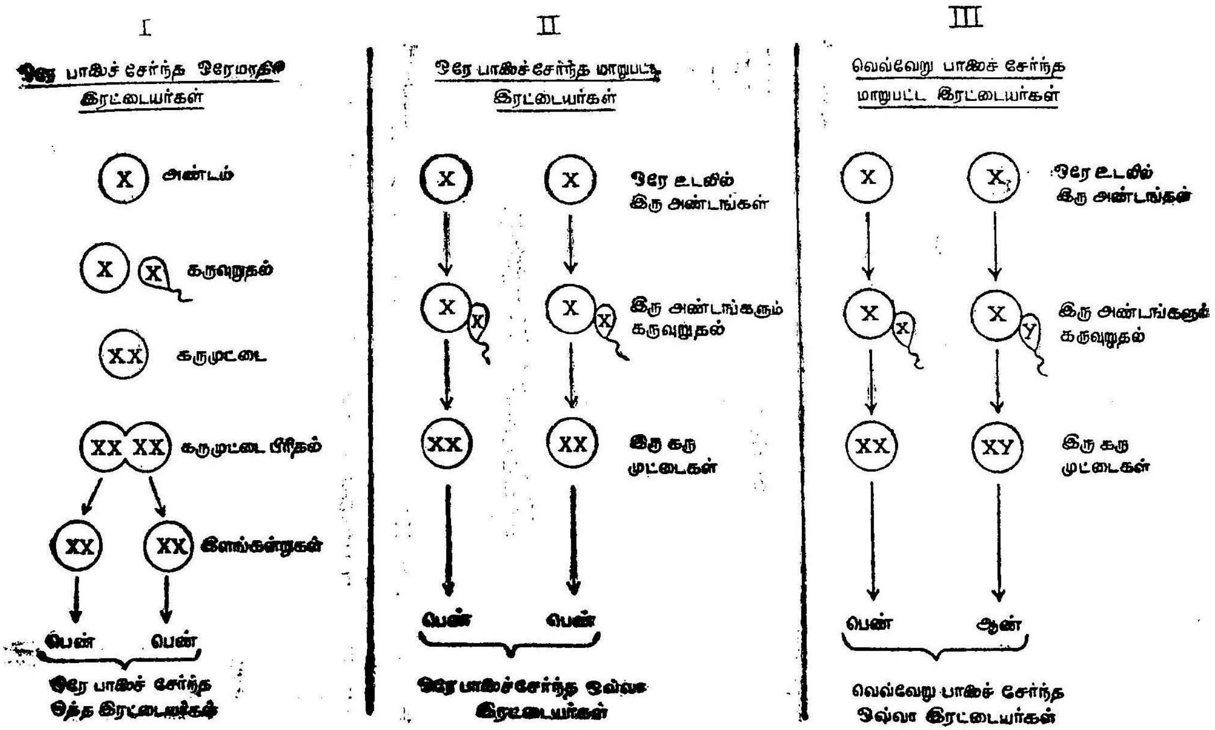
Dr. C. B. பிரிட்ஜஸ் (1932) என்பவர் இக்கோட்பாட்டை விளக்கினர். குரோமோசோம்களின் ஒவ்வொரு மூலக்கூற்றின் ஜீன்களைப் பொறுத்து பாற்குணங்கள் அமைகின்றன. இவ் ஜீன்கள் ஆட்டோசோம்களிலும், பாற்குரோமோசோம்களினுலும், காணப் படுகின்றன. ஆனல் Y குரோமோசோம் ஜீன்கள் இல்லாமலே செயலற்று (inert) காணப்படும். ஆகவே X ஜீன் ஓர் அளவுக்கூறு (dose) ஆட்டோசோமுடன் (autosome) சேர்ந்து ஒரு பாலையும், இரு அளவுக் கூறுகள் (two doses) ஆட்டோசோம்களுடன் சேர்ந்து மற்றொரு பாலையும் அளிக்கின்றன.

பாற்குணங்கள் X குரோமோசோம் ஜீன்களின் செயற் களையும், ஆட்டோசோம்களையும் பொருத்ததே. ஆகவே இவ் விரண்டிற்குமிடையே உள்ள தொடர்பின் அளவை (relative amount) பொருத்ததேயன்றி, வெறும் எண்ணிக்கையைப்



படம் 57.

இரட்டையர்கள் (1, 2) ஒத்த இரட்டையர்கள். ஒரு கருதரித்த முட்டையிலிருந்து உண்டானவர்கள். ஒரேபால்; ஒரே பரம்பரை. (3, 4. 5) தத்தை வழி இரட்டையர்கள் இரு கருதரித்த முட்டையிலிருந்து உண்டானவர்கள். வெவ்வேறுபால், வெவ்வேறு பரம்பரைக் கூறு.


I
ஒரே பாலைச் சேர்ந்த ஒரேமாதிரி இரட்டையர்கள்
X
அண்டம்
X
X
கருவுறுதல்
XX
கருமுட்டை
XX XX
கருமுட்டை பிரிதல்
XX
XX
இளங்கன்றுகள்
பெண்
பெண்
ஒரே பாலைச் சேர்ந்த ஒத்த இரட்டையர்கள்
II
ஒரே பாலைச் சேர்ந்த மாறுபட்ட இரட்டையர்கள்
X
X
ஒரே உடலில் இரு அண்டங்கள்
X
X
X
X
இரு அண்டங்களும் கருவுறுதல்
XX
XX
இரு கரு முட்டைகள்
பெண்
பெண்
ஒரே பாலைச் சேர்ந்த ஒவ்வா இரட்டையர்கள்
III
வெவ்வேறு பாலைச் சேர்ந்த மாறுபட்ட இரட்டையர்கள்
X
X
ஒரே உடலில் இரு அண்டங்கள்
X
X
X
Y
இரு அண்டங்களும் கருவுறுதல்
XX
XY
இரு கரு முட்டைகள்
பெண்
ஆண்
வெவ்வேறு பாலைச் சேர்ந்த ஒவ்வா இரட்டையர்கள்

பொருத்ததல்ல. இதை ஓர் ஒப்புமை (analogy) மூலம் விளக்க லாம். குறித்த அயனி வலிவு கொண்ட ஒரு கால்காலன் (1 quart) அமிலத்துடன் அரை காலன் (2 quarts) காரத்தைச் சேர்த்தால், அது காரக் கலவையாக (mixture) இருக்கும். ஆனால் அரை காலன் அமிலத்தை அதே காரத்தில் சேர்த்தால் அதை அமிலமாக மாற்றி விடுகிறது. இதில் நிற மாற்றம் செய்யும் பினஃப்தலீனைச் (phenolphthalein) சேர்த்தால் என்னவாகும்? இவ்வேதித் திரவம் அமிலத்தில் நிறமற்றும், காரத்தில் சிவப்பு நிறத்துடனும் இருக்கும். இது முதற்கலவையில் நிறமற்றும் (அதிக அமிலம்) இரண்டாவதில் சிவப்பாகவும் (அதிக காரம்) இருக்கும். இவ்விரண்டிலும் உள்ள பொருட்கள் வேறுபட்டனவை அல்ல. ஆனால் அவைகளுடைய தொடர்பின் அளவுகள் (relative amounts) தான் வேறுபட்டி ருக்கின்றன. இதனால்தான் அவைகளின் முடிவுகள் வேறுபடு கின்றன. அவ்வாறே X குரோமோசோம்களும் ஆட்டோசோம் களுக்கும் உள்ள இடையீட்டுச் செயல்களின் விகிதத்தைப் பொறுத்தே வேறுபடுகின்றன. 207ம் பக்கத்தில் உள்ள படம் மேற் கூறிய எடுத்துக்காட்டின் மூலம் பாற்குரோமோசோம்களுக்கும் ஆட்டோசோம்களுக்கும் உள்ள ஒப்புமையை விளக்குகிறது. இங்கு X குரோமோசோம் 3 பவுண்ட் எடையையும், ஒரு செட் ஆட்டோ சோம்கள் (1A) 2 பவுண்ட் எடையையும் குறிக்கின்றன. இடது படத்தில் 1X, 2A என்பது ஆண் தன்மையையும் (maleness) மத்தியப் படத்தில், 2X, 2A என்பது பெண் தன்மையையும் (femaleness) வலது படத்தில் 1X, 1A என்பது, 1X இருந்தும் பெண்தன்மைப் பக்கத்தைச் சுட்டிக்காட்டப்பட்டிருக்கிறது. பால் நிர்ணயித்தலில் ஒரு X குரோமோசோம் ஆட்டோசோம்களுடன் செயற்படும்போது ஆணை உண்டாக்குகின்றன. ஆனால் ஒரு செட்டுடன் செயற்படும் போது ஒரு பெண்ணை உண்டாக்கும் என்று எதிர்பார்ப்போம். ஏனெனில், ஒரு Xம், ஒரு செட் ஆட்டோசோமும், இரு Xயையும், இருசெட் ஆட்டோசோம்களையும் ஒத்தே இருப்பதே. 1912-ல் கொலம்பியா பல்கலைக்கழகத்தைச்சேர்ந்த முல்லர் (H. J. Muller) என்பவர், இக்குரோமோசோம்களின் ஒப்பெண்களைப் (relative number) பொருந்தாது என்று கூறினார். (அவ்வமயம் வெளியிட வில்லை). இக்கோட்பாட்டையே பிரிட்ஜஸ் உறுதிப்படுத்தி ''மரபுச் சமநிலை'' (genetic balance) என்று வெளியிட்டார்.

டுரோசோஃபைலாவில், X குரோமோசோம் பெண்தன்மையை ஆதரிக்கிறது. ஏனெனில், பெண் பூச்சியில் X குரோமோசோம் ஆணில் காண்பதைவிட அதிகமாக இருக்கிறது. ஆட்டோசோம் களின் எண்ணிக்கை இருபால்களில் சமமே. ஆனால் ஆண் பூச்சியில்,

X குரோமோசோம்களை நோக்க ஆட்டோசோம்கள் அதிகப் படியாகவே இருக்கின்றன (relatively more). ஆகவே ஆட்டோ சோம்கள், ஆண் தன்மையை ஆதரிக்கின்றன. ஏனெனில் ஆணில் ஒரு Xக்கு இருசெட் ஆட்டோசோம்களும், பெண்ணில் ஒரு Xக்கு ஒரு செட்டும் இருக்கின்றன. அதனால் X குரோமோசோமில் பெண்தன்மை ஜீன்களும் இருப்பதாகக் கருதலாம். ஆனால் எல்லா பெண் நிர்ணயிகளும் Xல் இருக்கவேண்டுமென்றில்லை. அவ்வாறே ஆண் நிர்ணயிகள் ஆட்டோசோம்களில் இருக்கவேண்டு மென்றில்லை. இவைகள் இரண்டிலும் இருக்கின்றனவென்றும், Xல் பெண் தன்மை நிர்ணயிகள் அதிகமாகவும், ஆட்டோசோம் களில் ஆண் தன்மை நிர்ணயிகள் அதிகமாகவும், இருக்கின்றன. இதனால் இறுதியில் X ஆண் தன்மைப் பக்கமும்,ஆட்டோசோம்கள் ஆண் தன்மைப் பக்கமும், சமநிலையைத் திருப்புகின்றன.

மேற்கூறிய ஆய்வுறையினால், ஆணும் பெண்ணும் அவைக ளுடைய ஜீன்களின் வகைகளில் (kinds) வேறுபடவில்லை. ஆனால் ஒப்பளவில் (relative amount) மட்டும் வேறுபடுகிறது. ஒவ்வொரு பாலும், ஆண் பெண் ஜீன்களைப் (both) பெற்றுள்ளது. ஆகவே இரு பால்களை உண்டாக்கும், வெவ்வேறு விகிதங்களின் இரு வகைகளின் இடைச்செயல்களே காரணமாகும். மேற்கூறியதையே கீழ்கண்ட சூத்திரங்களைக்கொண்டு தெளிவாக விளக்கலாம். இடைநிலைப்பால் பூச்சிகளை ஆதாரமாகக்கொண்டு (intersex) இவைகள் நிர்ணயிக்கப்பட்டன.

இரு செட் ஆட்டோசோம்களும் இரு X குரோமோசோம்களும் பெண்ணை உண்டாக்குகின்றன.

இரு செட் ஆட்டோசோம்களும் ஒரு X குரோமோசோம் களும் ஆணை உண்டாக்குகின்றன.

மூன்று செட் ஆட்டோசோம்களும் இரு Xகுரோமோசோம் களும் இடைநிலைப்பால் பூச்சிகளை உண்டாக்குகின்றன. Yகுரோ மோசோம் அவ்வளவாக முக்கியமில்லை. ஏனெனில் XO ஆண் பூச்சியாகிறது.

2X 2A = சாதாரண டிப்ளாயிடு ♀

இதை விகிதத்தில் கூறினால் $\frac{X}{A} = \frac{2}{2} = 1$

X 2 A = சாதாரண ஆண்

இதை விகிதத்தில் கூறினல் $\frac{X}{2A} = \frac{1}{2} = \cdot 5$ ↑⊙

2X 3 A = இடைநிலை.

$$= \frac{X}{A} = \frac{2}{3} = 0\cdot 67$$

மதிப்புகள் 1,0·5,0·67 பாற்குணங்கள் நிர்ணயித்தலில் முக்கியத்துவம் பெருவிட்டாலும், அவைகளின் விகிதங்கள் பால் விகிதப்பட்டியலுக்குப் பயன்படுகின்றன.

1. எடுத்துக்காட்டு டுரோசோஃபைலா (Drosophila)

குரோமோசோம்களின் சேர்க்கை	விகிதம் $\frac{X}{A}$	பால் நிலை
2A XXX	1·5	சூப்பர் பெண்
3A 4X	1·33	சூப்பர் பெண்
2A 2X 2A XXY 3A XXX 4A XXXX	1· 0	பெண்
3A XX 3A XXY	·67	இடைநிலை
4A XXX	·75	
2A (XO) 2A XY 2A XYY 4A XX	0·50	ஆண்
3A XY (XO)	0·33	சூப்பர் ஆண்

[X = 100 ; A = 80 என்று அவர் மதிப்பிட்டு பிரிட்ஜஸ் பால் குறியை (sex index) வெளியிட்டார்.]

II. எடுத்துக்காட்டு: மிலாண்ட்ரியம் (**melandrium**) என்ற பூக்கும் தாவரத்தில் கீழ்கண்டவாறு பால்விகிதம் அமைந்துள்ளது.

XY ஆண், XX பெண் வார்ம்கி (**Warmke**) கண்டதை கீழே அளிக்கப்பட்டிருக்கிறது. Y ஆண் தன்மையையும், **X** பெண் தன்மையையும் பால் நிர்ணயம் செய்கின்றன. ஒவ்வொரு Xக்கும் ஒன்றைக் கழித்தும், ஒவ்வொரு **Y**க்கும் + ஐ கூட்டியும் (—பெண் தன்மைக்கும் + ஆண் தன்மைக்கும்) கணக்கிட வேண்டும். எடுத்துக்காட்டு: 3X 1Y = (—3+4) = + 1 ஆண்

2A XX	0·00	பெண்
4A XX	2·00	பெண்
2A XY	0·5	ஆண்
2A XY 3A XY 4A XY 4A XXYY	1·0	ஆண்
4A XXXYY	1·5	ஆண்
2A XXY 3A XXY 4A XXY 4A XXXXYY	2·0	ஆண் சில சமயம் பூக்கும் ⚥
3A XXXY 4A XXXY	3·0	ஆண் சில சமயம் பூக்கும் ⚥
4A XXXXY	4·0	இரு பால் தாவரம் ♂ சில சமயம் பூக்கும்

2. கோல்ட்ஷ்மிட் கோட்பாடு

ரிச்சர்ட் கோல்டுட்ஷ்மிட் இடைநிலை பால்கள் (intersexes) உண்டாவது பற்றி, விரிந்த ஆய்வு நடத்தி தாம் கண்ட முடிவை கூறியுள்ளார். அதற்கு முன் இத்துறையில் முல்லர், வெளியிட்

டுள்ள தகவல்கள்படி **டிரிப்ளாய்டு இடைநிலைப்பால்கள்,** (**triploid intersexes**) குன்றல் பிரிவின்போது எதிர்பாராத விதமாக இரு குரோமோசோம்களுக்கு பதில் மூன்று குரோமோசோம்களுடன் பிரிந்து அத்துடன் சாதாரண X குரோமோசோம் கொண்ட விந்து கருதரித்தால் நிகழ்கிறது என்று கூறினர். (1X + 1A-விந்து), 2X + 3A-யை உண்டாக்குகிறது. இங்கு X, A-யின் ஒப்புவீதம் 1X + 2A ஆணுக்கும் 2X + 2A பெண்ணிற்கும், இடைநிலையாக (intermediate) இருக்கின்றன. இவைகளை ஒப்புமை விகிதத்தில் கூறினல் 5X : 6A (or 1X : 2A), 4X : 6A (or 2X : 3A), 6X : 6A (or 2X : 2A), (4X 6Aக்கு ஒப்ப), 3X-க்கும் 6X-க்கும் இடையில் இருக்கிறது.

ஒரு 2X + 3A பூச்சி; சாதாரண ஆணுக்கும் சாதாரண பெண்ணுக்கும் இடையேயுள்ள இடைநிலைப் பூச்சியாகும் இம் மாதிரி பூச்சிகளை இடைநிலைப்பாற் பூச்சி (intersex) என்று கூறுவதுண்டு. இதனுடைய இன உற்பத்திச்சுரப்பி, விந்து சுரப்பிக்கும், அண்ட சுரப்பிக்கும் இடைபட்டதாகவும், இருபால்களின் கலப்பமைப்பாக இருக்கும். இறுதியில் இப்பூச்சி பெண் பூச்சி போன்ற தோற்றமளிக்கும். முட்டை வளர்ச்சியின் துவக்கத்தில் ஆண்போல் இருந்தாலும், பிறகு பெண்ணுக மாறிவிடுகிறது. இம் மாதிரி மாறும்போது எந்நிலையில் மாறுகிறதோ அந்நிலைக்கு திருப்பப் புள்ளி (turning point) என்று பெயர். வளர்ச்சியின் போது சூழ்நிலைக்கேற்ப இது நிகழும் நேரம் ஒவ்வொரு பூச்சிக்கும் மாறுபடுகிறது.

டிரிப்ளாய்டு இடைநிலை பால் பெண் பூச்சிகளுடன் வேறுசில வகைகளும் உண்டாகின்றன. சமநிலையற்ற வகுப்பு சேய்களும் உண்டாகின்றன. அவைகளில் ஒன்று 3X + 2A (2X + 1A முட்டையும் 1X + 1A விந்தும் சேருதல்), மற்றொன்று 1X + 3A (1 X + 2A முட்டை) Y கொண்ட குரோமோசோம் அல்லது X அற்று + 1A சேருதல் முதல் ரகத்தில் (3X + 2A) Xன் பொருள் சாதாரண பெண்ணிடம் காண்பதைவிட அதிகமாக இருக்கிறது. இதனுல் 3X + 2A முட்டையும் சூப்பர் பெண் (super female) உண்டாகிறது. இது பார்வைக்கு பெண் பூச்சி போன்றிருப்பதுடன், மலடாகவும் (sterile) இருக்கும். 1X + 3A ரகத்தில் Xன் ஒப்புமையளவு சாதாரண ஆணிடம் காண்பதைவிடக் குறைவே. ஆகவே 1X + 3A என்பது சூப்பர் ஆண் (super male) ஆகும். இந்த ரகம் பால் குணங்களைப் பொறுத்தவரை ஆணைப் போல

இருந்தாலும், இதுவும் மலடாக (sterile) காணப்படும், இங்கு மலடு என்பது சாதகமுள்ள விந்துக்களை உண்டாக்காத நிலையைக் குறிக்கும்.

டிரிப்ளாய்டு பெண்ணிடம், 3X + 3A காணப்படுவதால், சாதாரண பெண் பூச்சியைப்போல் தோற்றமளிக்கும். 1X, 1Aயும் சாதாரண விகிதத்தில் தோன்றும்; இவைகளிலிருந்து ஒற்றை மயமும் (haploid) அவ்வொற்றைமயம், மற்றவைகளைவிட சிறியதாகவும் இருக்கும். டிரிப்ளாய்டு இடைநிலைப் பூச்சிகள், பாற்குணங்களின் மரபுச் சமநிலையை உறுதிபடுத்துகின்றன. X குரோமோசோமிற்கும் ஆட்டோசோம்களுக்கும் உள்ள தக்க விகிதத்தைப் பொருத்தும் இருக்கிறது. 2X மட்டும் இருந்தால் பெண் பூச்சி உண்டாவதில்லை. Xம் ஆட்டோசோம்களும் தக்க விகிதத்தில் இருக்கவேண்டும், டிப்ளாய்டு ஹேப்ளாய்டு பெண்களிடத்திலுள்ள Xகள் எண்ணிக்கை மாறினாலும், Xம் அதற்குரிய ஆட்டோசோமும் தக்க விகிதத்தில் இருந்தால் சாதாரண பெண் பூச்சி உண்டாகும்.

டிப்ளாய்டு இடைநிலைப் பால்கள்
(Diploid Intesexes in Gypsy Moth)

கோல்ட்ஷ்மிட் என்பவர் இரட்டைமய இடைநிலைப் பூச்சிகளைக் கொண்டு இடைநிலைப் பால்களை விளக்கினார். லைமாண்ட்ரியா டிஸ்பர் (Lymantria disper) என்ற அந்துப்பூச்சியில் இதுபற்றிக் கூறும்போது ஜீன்களின் சமநிலைக்குப்பதில் சைட்டோபிளாசத்தின் அளவு வலிமை, எளிமை (strong and weak) என்பவைகளைக் கொண்டு விளக்கினார். மேலும் வெவ்வேறு நாட்டுப்பூச்சிகளை புணரச் செய்து கிடைக்கும் சந்ததிகளிலிருந்தும் விளக்கினார். சாதாரண பெண் பூச்சி, ஆண் அந்துப் பூச்சியிலிருந்து வேறுபட்டுக் காணப்பட்டது. இவ்விரண்டையும் சேர்த்தால் இடைநிலைப் பால் பூச்சிகள் உண்டாகிறது என்று கண்டார். எடுத்துக்காட்டாக ஐரோப்பிய பெண் பூச்சியுடன் ஜப்பான் ஆண்பூச்சி புணர்ந்தால் (XY பெண்) முதலில் பெண்களாக வளர ஆரம்பித்து பிறகு படிப்படியாக ஆண் கூறுகளைப் பெற்று மாறிவிடுகின்றன. இதனால் பால் திருப்பங்கள் (sex reversal) ஏற்படுகின்றன. இறுதியில் ஆண்களாகவே மாறிவிடுகின்றன, ஆரம்பத்தில் பெண்களாக இருந்து பின் ஆண் தன்மைகள் அதிகமாக வளரப் பெற்று, பூரண ஆணாக மாறாமல் இருப்பவைகளுக்கு " பெண் இடைநிலைப்பால்கள் (female intersexes) என்று பெயர். இன்னும் சிலவற்றில், ஆண் பூச்சியாக ஆரம்பித்து (XX முட்டையிலிருந்து) பெண் கூறுகளை

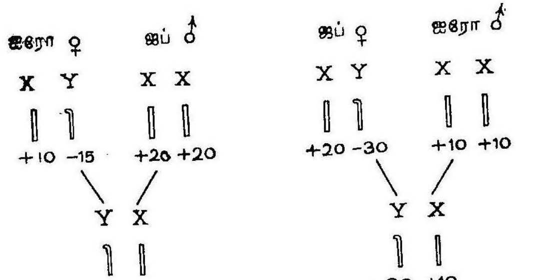
பெற்றிருப்பதுண்டு. இவைகளுக்கு '' ஆண் இடைநிலைப்பால்கள் (male intersexes) என்று பெயர். இவைகளிலிருந்து ஆண் இடைநிலைப் பூச்சிகள் படிப்படியாக தொடர்ந்து காணப்படும்.

பழப்பூச்சியின் இடைநிலைப் பால்களில் மூன்று செட் ஆட்டோசோம்களும், இரு X குரோமோசோம்களும் வேறு சில வழக்கத்திற்கு மாறான எண்களின் சேர்க்கைகளும் இடைநிலைப் பால்களை உண்டாக்கின என்று கண்டோம். ஆனால் அந்துப் பூச்சியில் அம் மாதிரியன குரோமோசோம்களின் எண்கள் மாறுபாடு (numerical disturbance) காரணமல்ல. இங்கு இடைநிலைப் பால் பூச்சிகள் டிப்ளாய்டுகளாகவே இருக்கின்றன. அவைகளுக்கு சாதாரண குரோமோசோம்களின் எண்ணிக்கையே கடைசிவரை இருக்கின்றன. இதை விளக்கும் வாயிலாக கோல்ட்ஷ்மிட், அந்துப் பூச்சிகளின் சைட்டோபிளாசத்தில், பெண் தன்மை நிர்ணயிகளும் (determiners of femaleness) X குரோமோசோமில் ஆண் தன்மை நிர்ணயிகளும் (determiners of femalenss) இருக்கின்றன வென்றும் இடைநிலைப் பால் பூச்சிகளில் 'எளிய' (weak) சைட்டோபிளாசமும் வலிய (strong) X குரோமோசோமும் சேர்ந்து இவைகளை உண்டாக்குகின்றன வென்றும் கூறினர். ஆனால் சில விதி விலக்குகளில் (exceptional cases) ஐரோப்பிய எளிய பெண்ணுடன், ஜப்பானிய வலிய ஆண்கள் சேர்ந்தால் சில வலிய பெண் பூச்சிகள் உண்டாகின்றன. இம்மாதிரி பூச்சிகள் உண்டாவதினல், சைட்டோபிளாச நிர்ணயிகள் கோட்பாட்டை பொருத்தமற்றதாக ஆக்குகிறது. மேற்கூறிய புணர்ச்சியில் E ♀ × J ♂ எவ்வித விலக்குமின்றி சைட்டோபிளாசம் எளிய பெண் தன்மை நிர்ணயிகளை கொண்டிருக்க வேண்டும். இதனுல் இதற்கு, வேறொரு கோட்பாடு இருக்கிறதா என்று ஆராய வேண்டியநிலை ஏற்படுகிறது.

மிலாண்ட்ரியம் என்ற பூக்கும் தாவரத்தில் Y குரோமோசோம்கள் பால் நிர்ணயித்தலில் தீவிர பங்குகொள்வதாகக் கூறினேம். அதுவே அந்துப்பூச்சிகளுக்கும் பொருத்தமாக இருக்கும். ஆனுல் இங்கு XY என்பது பெண்ணுக இருக்கிறது. அதனுல் Y குரோமோசோம் பெண் தன்மை ஆதரிக்கிறது. (மிலாண்ட்ரியத்தில் XY ஆண், ஆகவே ஆண் தன்மையை ஆதரிக்கிறது) மேலும் மிலாண்ட்ரியத்தில், ஆண், பெண் பால் நிர்ணயிகள், ஆட்டோசோம்களில் சமமாக உள்ளன. இதனுல் அங்கு பால் நிர்ணயம், XY குரோமோசோம்களை மட்டும் பொருத்துள்ளது. இதே நிலை விளக்கத்தை அந்துப் பூச்சிகளுக்கும் கையாளலாம்.

பருவக்கால நிலை காரணமாக ஜப்பான் நாட்டுப் பூச்சிகள் பால் முதிர்ச்சியை விரைவிலேயே பெற்றுவிடுகின்றன. ஆனால் ஐரோப்பிய நாட்டுப் பூச்சிகள் இளவேனிற்காலம் (spring) மிகவும் குறுகியதாக இருப்பதால் அவ்வாறு நிகழ்வதில்லை. இதையே வடக்கத்திய சாதிகளின் பால் ஜீன்களுக்கு அதிக ஆற்றலும் (potency) தெற்கத்திய சாதிகளின் பால் ஜீன்களுக்குக் குறைவான 'ஆற்றலும்' இருப்பதாகக் கூறலாம். ஜப்பான் நாட்டுப் பூச்சியுடன் ஜப்பான் பூச்சியுடன் சேர்ந்தால் வலிய ஆற்றலுடன் வலியது சேருகிறது. அம்மாதிரியே ஐரோப்பிய எளிய ஆற்றலுடன் எளியது சேர்கிறது. அவ்வாறே அவ்வப் நாட்டு பூச்சிகள் அங்கேயே சேருவதால், மகள்களுக்கு (XY) பெற்றோர்களின் XY ஆற்றல் அப்படியே சேர்ந்துவிடுகின்றன.(X தந்தையிடமிருந்தும் Y தாயிடமிருந்தும் வருகின்றன). ஆனால், ஐரோப்பிய பெண் பூச்சிகள் (XY), ஜப்பான் ஆண் (XY) பூச்சியுடன் சேர்ந்தால், மகள்கள் (XY) வலிய Xயை (ஆண் தன்மை) தந்தையிடமிருந்தும், எளிய Yயை (பெண் தன்மை) தாயிடமிருந்தும் பெருகின்றன. இம்மாதிரிச் சேர்க்கை இடைநிலைப் பால் (intersex) பூச்சிகளை உண்டாக்குகிறது. இதையே என் குறி மூலம் விளக்கலாம்.

லைமாண்ட்ரியாவில் இடைநிலைப்பால்களின் குரோமோசோம் கோட்பாட்டை விளக்கும் எண்குறி வரைபடம்



+ குறி ஆண் தன்மை (X எடுத்துச் செல்லுதல்) — குறி பெண் தன்மை (Y எடுத்துச் செல்லுதல்). ஜப்பான் சாதியின் பால் ஆற்றல் ஐரோப்பிய சாதியைவிட இருமடங்கு என்று பாவனை செய்துகொள்ள வேண்டும் (ஐரோப்பிய Xல் + 10ம் ஜப்பானிய Xல் + 20ம், ஐரோப்பிய Yல் — 1 , ஜப்பானிய Yல் — 30ம்) ஐரோப்பிய பெண் பூச்சிக்கு இறுதி +, —, மதிப்புகள் —5

(+ 10 plus − 15) ஐரோ ♀ × ஐப் ♂ க்குப் பிறக்கும் XY பெண்ணிற்கு மதிப்பு + 5 ஆகும். இது ஒரு பெண் இடைநிலை (பெண் குரோமோசோம் சூத்திரத்துடன், சிறிதளவு ஆண் தன்மை மேலோங்கி இருத்தல்). மாற்றுச் சேர்க்கை மூலம் (ஐப் ♀ × ஐரோ ♂) − 20 மதிப்பு கிடைக்கிறது. இது ஒரு பூரண பெண் பூச்சியாகும்.]

சுருக்க அட்டவணை

பெற்றோர்கள்	மகன்கள்	மகள்கள்
1. ஐரோ. எளியதாய் X-ஐப் வலிய தந்தை	சாதாரணம்	இடைநிலைப் பால்
2. ஐப் வலியதாய் X ஐரோ. எளிய தந்தை	சாதாரணம்	சாதாரணம்
3. ஒன்று (1) சேர்க்கையிலிருந்து 2-ம் தலைமுறை	சாதாரணம்	½ சாதாரணம் ½ இடைநிலை ♂
4. இரண்டு (2) சேர்க்கையிலிருந்து 2-ம் தலைமுறை	½ சாதாரணம் ½ இடைநிலை	சாதாரணம்

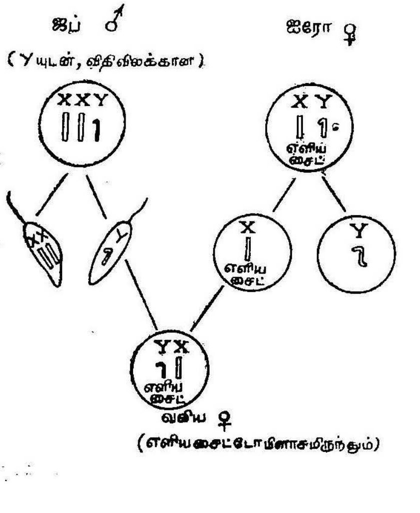
ஐரோ ♀ × ஐப் ♂ சேர்ந்தால், 1ம் தலைமுறையில் பெண் இடைநிலைகள் கிடைக்கின்றன. ஆனால் மாற்றி சேரச் செய்தால் (ஐப் ♀ × ஐரோ ♂) அவ்வாறு கிடைப்பதில்லை. ஏனெனில், மகள்களுக்கு (XY) வலிய Y (பெண் தன்மை) ஜப்பான் தாயிடமிருந்தும், எளிய X (ஆண் தன்மை) தந்தையிடமிருந்தும் கிடைக்கின்றன. பெண் தன்மை அதிகமாக இருப்பதால் அவைகள் பெண்ணாகவே இருக்கின்றன.

முதலாம் தலைமுறை (FF) மகன்கள் சாதாரண ஆண்களாக வளர்கின்றன. அவைகளின் சேர்க்கை எவ்வாறிருந்தாலும், பால் குரோமோசோம்கள் X ஆகவும் (ஆண் தன்மை) ஆட்டோசோம்கள், இரு சாதிகளிலிருந்து சமமாக வருவதினாலும், அவ்வாறு இருக்கின்றன. ஆனால், 2ம் தலைமுறையில் குரோமோசோம்களின் மறு சேர்க்கை மூலம் இரு எளிய X குரோமோசோம்களும் (ஐரோப்பிய பூச்சியிலிருந்து தோன்றின) ஆட்டோசோம்களும் சேர்கின்றன

அப்படி சேரும்போது அந்த எளிய Xன் ஆண் தன்மையை மிஞ்சக் கூடிய பெண்ணாக இருக்கின்றன. இவைகள், ஆண் இடைநிலை பால்களாக வளர்கின்றன. அதாவது ஆண்களாக (XX) தோன்றியவைகள் பிறகு பெண் கூறுகளைப் பெற்று வளர்கின்றன.

பெண் இடைநிலைப் பால்களில் பெண் தன்மைகள் ஆரம்பத்தில் மேம்பட்டிருந்தாலும், பிறகு மெதுவாக வேலைசெய்வதாலும், வேகமாக வேலைசெய்யும் ஜப்பான் சாதியிலிருந்து வந்த ஆண் தன்மைகள் மேலோங்கி நிற்கின்றன. ஆகவே ஆண் குணங்கள், அத்திருப்பப்புள்ளியில் (turning point) தோன்ற ஆரம்பிக்கின்றன. இப்புள்ளி ஒவ்வொரு பெண் இடைநிலைப் பால்களிலும் வெவ்வேறாக இருக்கும். பெற்றோர்களின் பால் குணங்களின் ஒப்புமைப் பலத்தைப் பொருத்தே அமைவதுடன் எளிய ஐரோப்பிய தாய், வலிய ஜப்பானியத் தந்தை அத்திருப்புப்புள்ளி எவ்வளவுக்கெவ்வளவு சீக்கிரம் அமைகிறதோ, அவ்வளவுக்கு தக்க பெரிய ஆண் திசுக்கள் வளர்கின்றன.

சில சமயங்களில், ஒரு ஆண் பூச்சி இரு X குரோமோசோம்களுடன் Yயையும் எடுத்துச்செல்லக்கூடும். இது இயைபின்மைப் பிரியாநிலை ஆணாகவும், டுரோசோஃபைலாவில், இயைபின்மைப் பிரியாநிலை ஆணாகவும், டுரோசோஃபைலாவில், இயைபின்மைப் பிரியாநிலை பெண்ணுக்கு ஒப்பாகவும் இருக்கிறது. ஒரு ஐரோப்பிய பெண் பூச்சி இயைபின்மைப் பிரியாநிலை ஜப்பானிய ஆணுடன் புணர்ந்தால் பெண்ணில் எளிய சைட்டோபிளாசம் இருந்தாலும் ஒரு வலிமை வாய்ந்த பெண் சேய் உண்டாகும். இதனால் இடைநிலைப் பால் பூச்சிகளை உண்டாக்குவதில் சைட்டோபிளாசம் பங்கு கொள்கிறது என்பது நடைபெறாத ஒன்றாகும்.



ஆண், பெண் கூறுகள் கலந்து ஓர் தனி நபர் உண்டாவதற்கு ''இடைநிலைப் பால்'' (intersex) என்று கோல்ட்ஷ்மிட்தான் முதன்முதலில் கையாண்டார். அவரே ''திருப்பப்புள்ளியைக்'' (turning point) கண்டுபிடித்ததுடன், ஆண், பெண் தன்மைகள் வெளிப்படுவதின் ஒப்பு விகிதத்தையும் வெளியிட்டார். அதைவிட மிக முக்கியமானது என்னவென்றால் ஓர் தனி நபர் ஆண், பெண் ஆகிய இரண்டின் ஆற்றலைப் பெற்றிருக்கிறது என்பதை இவ்விடை நிலைப் பால்கள் வெளிப்படுத்தினதேயாம். சாதாரணமாக ஒன்று அல்லது மற்றொரு போக்கு மேலாட்சி நடத்தும். ஆனால், இடைநிலைப் பால்களில், இரண்டு போக்குகளும் (tendencies) அவைகளாகவே வெளிப்படுத்துகின்றன. இவைகள் யாவற்றையும் ஆண், பெண் நிர்ணயிகள் ஒப்புவிகிதத்தில் கோல்ட்ஷ்மிட் விளக்கியதுடன், பால் நிர்ணயித்தலை மரபுச் சமநிலைக் (genetic balance) கருத்திலும் உருவாக்கினார்.

பாற்குணங்களுக்கு மரபியல் இரட்டைத்திறன் (Genetic Bipotentiality of Sex)

மீன்களில் காணப்படும் பாற்திருப்பங்கள் (sex reversal) மரபியல் இடைத்திறன்களுக்கு எடுத்துக்காட்டாக அமைகின்றன. கரு தரித்த முட்டையிலிருந்து ஆணாகவோ அல்லது பெண்ணாகவோ வளரக்கூடிய திறமை இருக்கிறது. இதனால் ஒன்று ஆண் (M) மற்றொன்று பெண் (F) என்று அத்தன்மைகளைக் கூறலாம்.

இரு பால் ஓர் உயிரி (hermaphridism) இத்தன்மையையே உறுதிப்படுத்துகிறது. சில உயிரிகளில் அண்ட விந்து சுரப்பி (ovotestis) இருப்பதும் அதில் தற்கரு தரித்தல் (self-fertilization) நிகழ்வதும் தெரிந்ததே. இங்கு இனச் செல்கள் ஒரேசமயத்தில் முதிர்ச்சியடைகின்றன. $\lesseqgtr$ F, $\lesseqgtr$ M காரணிகள் சமநிலையில் இருக்கின்றன என்று உணர்ந்து கொள்ளலாம். இவைகளில், பாற்குரோமோசோம்கள் இரா. ஹெட்டிரோ குரோமோசோம்கள் (heterochromosomes) இரு பால் இரு உயிரிகளில் சிலவற்றைத்தவிர காண்பதில்லை. வயிற்றுக் காலிகளில் (Gastropoda Pulnonata) இவைகளிருப்பதாக பெற்றட் (Perrot 1930) வெளியிட்டுள்ளார். சிலவற்றில் அண்ட விந்து சுரப்புகள் (முதலில் விந்துக்கள் உற்பத்தி செய்த பின்னே (protandry) அல்லது பின்னே (protogyny) அடுத்தடுத்து செயலாற்றுகின்றன. இதனால் வயதான பெண் பறவைகள் (கோழி) ஆணாக மாறுகின்றன (sex reversal). அடிப்படையாக இவைகள், இரு பால் இனங்களே (bisexual species). இடைநிலைப் பாலிகளே திருப்பமுனையாக (turning

point) இருக்கின்றன. தேரைகளில், சாதாரண ஆணில், விந்து சுரப்பியின்மேல் குல்லாய் போன்ற அண்டசுரப்பியமைப்பு எஞ்சிய தாக (rudimentary) காணப்படும். இதற்கு பிட்டர் உறுப்பு (Bidder's organ) என்று பெயர். இதில் ஆண் இனச்செல் குழா யுடன் (gonoduct) எஞ்சிய அண்டக்குழாய்களும் காணப்படும். இதுபோன்ற விலங்குகளில் இடைநிலைப் பாலிகள் அதிக முண்டாகும்.

ஜீனின் சமநிலை: பிரிட்ஜஸ் கையாண்டது.

$X/A = 1$ ♀ டிப்ளாய்டுகளில் இது சரியாகும்.

$X = 100$ $A = 80$ என்று அவர் மதிப்புக் கொடுத்து, பால் குறியை (sex index) வெளியிட்டார். டுரோசோபைலாவில் பெண் தன்மை (femaleness F) X குரோமாசோமாலும் ஆண் தன்மை (maleness M) II, III சோடி குரோமோசோம்களிலும், IV சோடியில் மிகக்குறைவான பால்தன்மையும் இருப்பதாகக் கண்டுள்ளனர். ஜினில் சமநிலையை கீழ் கண்டவாறு வெளியிட லாம்.

இதை—

$X_F\ X_F\ A_M\ A_M$ = பெண் = FFMM

$X_F\ Y\ A_M\ A_M$ = ஆண் = FMM.

அனுமானம் FF > MM > F

XY குரோமோசோம்களைக் கொண்டு பாற்குணங்களை அறி வது பற்றி தெரிந்ததே. கருதரித்தபின் முட்டையிலிருந்து பிறக் கப் போவது ஆணு பெண்ணு என்று கண்டு கொள்ளக்கூடிய தற் கரிய ஒரு சோதனை தற்சமயம் கண்டுபிடிக்கப்பட்டுள்ளது. அதற்கு செல்களின் எண்ணிக்கை சில நூறுகளே இருக்கவேண்டும். ஆயிரக் கணக்கில் இருக்கக்கூடாது. முயலின் கருதரித்த முட்டையி லிருந்து, கார்டனரும் எட்வர்ட்ஸும் (Gardner and Edwards) ஒரு புது சோதனை (new technique) மூலம் கண்டறிந்தனர். ஒரு முயலின் பிளாஸ்டோசிஸ்ட்களை (blastocysts) ஊசி மூலம் குத்தி, சில செல்கள் மட்டும் வெளியே பிதுக்கிக்கொண்டு (blob of cells) வரும்படி செய்தனர். அப்பிதுக்கத்தை மட்டும் கத்தரியினல் வெட்டி எடுத்து உடனே நுண்ணோக்கி மூலம் பார்க்கும் போது, சிறு புள்ளி போன்ற குரோமேட்டின்கள் சில செல்களில் தெரிய வந்தது. வெறென்றின் பிளாஸ்டோசிஸ்டில் அவ்வாறு பார்க்

கும்போது, இச்சிறு புள்ளி தெரிவதில்லை. அச்சிறு புள்ளிகளுள்ளன வற்றிற்குப் பால் குரோமேட்டின் (sex - chromatin) என்றனர். இச்சிறு புள்ளியான பால் குரோமேட்டின் உள்ளவற்றை பெண் செல்கள் என்று கூறினர். அப்புள்ளிகள் ஆண் செல்களில் காணப் படவில்லை என்றும் கண்டனர். அப்பிளாஸ்டோசிஸ்டை வெட்டிய இடத்துப்புண் மாறும் வரையில் வளர்ப்பு முறையில் (cultured) வளர்த்து, பின் கண்ட சோதனைக்கேற்ப ஆணோ, பெண்ணோ அவைகளிலிருந்து பிறந்தன. பால் குரோமேட்டின் உள்ளவை பெண் முயலாகவும், இல்லாதன ஆண் முயலாகவும் வளர்ந்தன.

இம்மாதிரி சோதனைகள் மெய்ப்பிக்கப்பட்டு உறுதிபடுத்தப் பட்டுள்ளன. இச்சோதனைகளினால் வளர்கருவில் ஏதாவது அசாதாரண கோளாறுகள் (abnormalities) ஏற்பட்டிருந்தால் முன் கூட்டியே தெரிந்து, தக்கமுறையில் தவிர்க்க முடியும்.

10. குரோமோசோம்களும் நோயும்

(Chromosomes and Disease)

650 பிறப்புகளுக்கு ஒன்று வீதம் பொருத்தமில்லாத உருவ அமைப்புடன் (malformation) குழந்தைகள் பிறக்கின்றன. அப் பிறப்புகளுக்கு மங்கோலிசம் (Mangolism) என்று பெயர். இந் நோய் 1860 முதல் மருத்துவத்துறையில் தெரிந்திருக்கிறது. அவ் வாண்டில் தான் லாங்டன் டவுன் (Langdon Down) என்ற நரம்பு நிபுணர் இதைக் கண்டார். வெகு காலமாக இந்நோய் பரம்பரையில் தோன்றுகிறது என்றும், ஜெர்ம் பிளாசத்தில் (germ plasm) ஏற்பட்டுள்ள கோளாற்றினால் தான் இது நிகழ்கிறது என்றும் கூறுகின்றனர். சிலர் சூழ்நிலையினால் ஏற்படுகிறது என்று கருதினர். ஆனால் தற்சமயம் இந்நோய்க்குரிய காரணம் தெளிவாகப்பட்டுள்ளது.

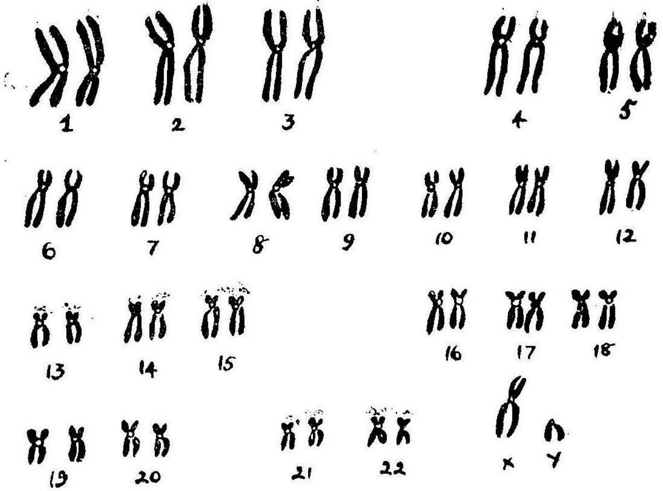
தற்சமயம் கூறப்படும் விளக்கத்தில் இந்நோய் பரம்பரையினால் உண்டாவது அல்ல என்றும் சூழ்நிலையினாலும் அல்ல என்றும் தெரியவருகிறது. ஒரு பெற்றோரிடமிருந்து சேய்களுக்கு பரம்பரையில் வருவதில் ஏதோ ஒரு குறைபாட்டினால் நிகழ்கிறது. இக் குற்றம் மரபியலினால் நிகழ்கிறதா என்ற கேள்வி எழுகிறது. மனித செல்லின் மரபியல் உறுப்புகளில் ஏற்படும் கோளாறே காரணமென்று கண்டு பிடித்துள்ளனர்.

சென்ற 60 ஆண்டுகளின் மரபியல் ஆராய்ச்சி, இம்மாதிரியான கோளாறுகளை மிகத் தெளிவாக விளக்குகிறது. சுமார் 10 ஆண்டுகளுக்கு முன்தான் மனித செல்லின் குரோமோசோம்களின்

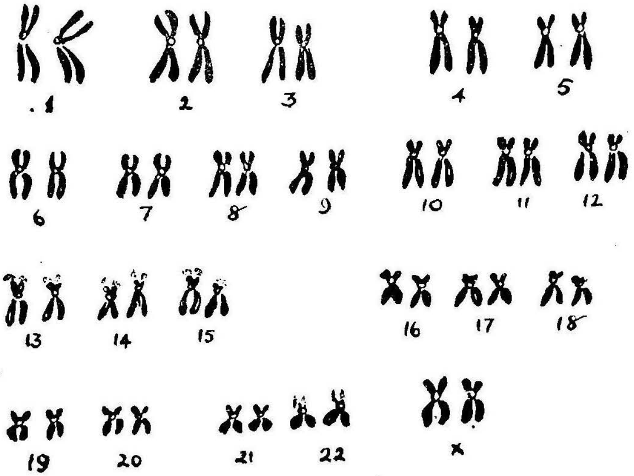
எண்ணிக்கையை நிலைநிறுத்தினர். சாதாரண செல்லில் 46 குரோமோசோம்கள் உள்ளனவென்றும் அவைகள் பரம்பரைப் பொருள்களை வழி வழி செலுத்துகின்றன என்றும் தெளிவுபடுத்தியுள்ளனர். இந்நிலைக்குப் பின்தான் மங்கோலிசம் என்ற நோய் (மடமைநோய்) 47 குரோமோசோம்களின் எண்ணிக்கையுடன் இணைந்துள்ளதாகக் கண்டனர். மேலும் சில நோய்கள் இம்மாதிரியான குரோமோசோம்களின் அசாதாரண எண்ணிக்கையைப் பொறுத்திருக்கிறது என்றும் கண்டனர்.

1903ம் ஆண்டு, கொலம்பியா பல்கலைக்கழகத்து பட்டப் படிப்பு மாணவனான வால்ட்டர் சட்டன் (Walter S. Sutton) என்பவர் தான் இம்மாதிரியான குறைபாடுகளை முதன் முதலில் குறிப்பிட்டார். அது முதற்கொண்டு இவ்வழியில் செல் - மரபியல் (cell genetics) சரித்திரம் துவக்கப்பட்டதாகக் கூறலாம். சட்டன் பிறகு அறுவை நிபுணராக ஆனார். குரோமோசோம்களின் பழக்கத்திற்கும், பரம்பரையில் வரும் மரபியல் மூலக்கூற்றிற்கும் (trait) தொடர்பிருக்கிறது என்று அவர் சுட்டிக் காட்டினார். பிறகு கொலம்பியாவைச் சேர்ந்த மார்கன், ஸ்டர்டிவான்ட் (T-H. Morgan and A. H. Sturtevant) போன்றவர்கள், மெண்டலின் (Gregor Mendel) ஃபேக்டர்கள் (factors) குரோமோசோம்களில் நீள வரிசையில் அமைந்துள்ளன என்று விளக்கினர். மேற்கொண்டு குரோமோசோம்களைப்பற்றி ஆராய ஆரம்பித்தனர். புழுவில் 2 முதல் புரோட்டோசோவாவில் 300 வரையிலுள்ள குரோமோசோம்களை நிர்ணயித்தனர். டுரோசோஃபைலாவை சோதனைகளுக்கு வெகுவாகப் பயன்படுத்தினர். அப்போதுதான் மனித குரோமோசோம்களையும் எண்ணி கணக்கெடுத்து வரைந்து வெளியிட்டனர். 1920ல் டெக்ஸாஸ் பல்கலைக் கழகத்தைச் (University of Texas) சேர்ந்த பெயிண்ட்டர் (T. S. Painter of University of Texas) என்பவர் மனிதர்களுக்கு 48 குரோமோசோம்கள் இருக்கின்றன என்று இலக்கியம் மூலமாக வெளியிட்டது அங்கீகரிக்கப்பட்டது (படம் 58, 59).

இதற்கிடையில், மெண்டலின் விதிகளும், (Mendels Laws) பால் நிர்ணயித்தலும் (sex determination) ஒருவாறாக விளக்கப் பெற்று ஓர் நிலையை அடைந்தன. எவ்வாறு செல் பிரிவின் போது குரோமோசோம்கள் பழகுகின்றன என்பதும் தெளிவாயிற்று. ஒற்றைமயம் (haploid) இரட்டைமயம் (dipolid) என்ற எண்ணிக்கையும் தெளிவுபடுத்தப்பட்டன (படம் 60, 61).



I

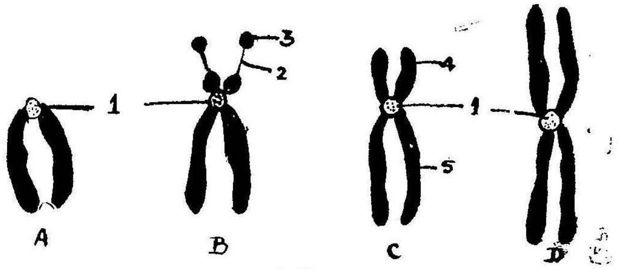


II

படம் 58.

மனிதன் : ஆணின் உடற்செல்களின் மிட்டாட்டிக் குரோமோசோ கள் [செரையோடைப்]

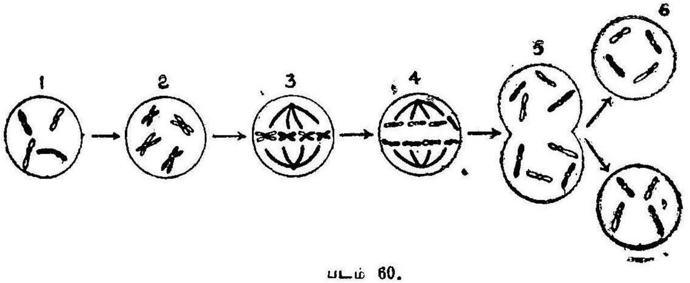
பெண்ணின் உடற்செல்களின் மிட்டாடிக் மெட்டாபேஸ் குரோமோசோம்கள்.



படம் 59.

மெட்டோபேஸ் குரோமோசோமகள்.

A. டிலோசெண்ட்ரிக், B. அக்ரோசெண்ட்ரிக்
C. சப்மெட்டா செண்ட்ரிக். D. மெட்டா செண்ட்ரிக்
1. செண்ரோமியர், 2. ஸ்டாக்.
3. சேட்டிலைட், 4. குறுகிய காம்,
5. நீண்ட காம்.



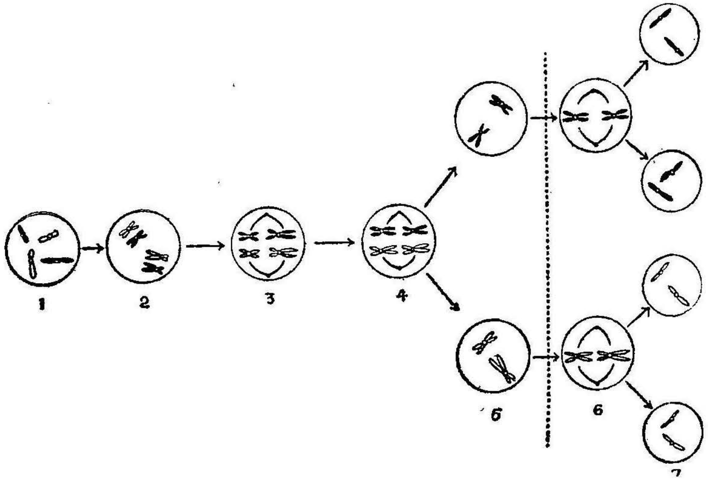
படம் 60.

சமப்பிரிவு:

1. இடைநிலை, 2. புரோபேஸ், 3. மெட்டாபேஸ்,
4. அனுபேஸ், 5. டிலோபேஸ் 6. இடைநிலை

1956ம் ஆண்டு சுவீடன் நாட்டு லண்டில் (Lund) உள்ள மரபியல் நிறுவனத்தைச் சேர்ந்த டிஜியோவும் ஆல்பர்ட்லிவாணும் (J. H. Tjio and Albert Levan) தான் மனித குரோமோசோம்களின் சாதாரண எண்ணிக்கை 46 என்றும் 48 அல்ல என்றும் கூறினர். அப்போது ஒரு குழப்பமேற்பட்டது. இங்கிலாந்தின் ஹார்வெல்லில் (Harwell) உள்ள ரேடியோ பயலாஜிகல் ரிசர்ச் யூனிட்டைச் சேர்ந்த ஃபோர்டும், ஹாமர்ட்டனும் (C. E. Ford and J. L. Hamerton) இவ்வையப்பாட்டை நிவர்த்தி செய்தனர். ஆணில்

செல்பிரிவின் போது குரோமோசோம்கள் 23 சோடிகளாகப் பிரிவதையும், மொத்தத்தில் 46 குரோமோசோம்கள் இருப்பதாகவும் விளக்கினார். கவுட் (gout) நோயைத் தீர்க்க கோல்ச்சிசின் (Colchicine) என்ற செடி மருந்தைப் பயன்படுத்தி செல்பிரிவின் மெட்டாபேஸ் நிலையில், அப்பிரிவைத் தடுத்து நிறுத்தியதின் பயனாக அக்குரோமோசோம்கள் தெளிவாக வெளிப்பட்டன. அப்போது எண்ணிய போதும் 46 குரோமோசோம்களே தோன்றின.



படம் 61.

குன்றல் பிரிவு

1. இடைநிலை, 2. புரோபேஸ், 3. மெட்டாஃபேஸ், 4. அனாஃபேஸ், 5. இடைநிலை, 6. மெட்டாஃபேஸ், 7. இடைநிலை.

குறுக்கு இடைவிட்டகோடு 2ம்குன்றல் பிரிவையும் குரோமோ இரட்டிக்கா நிலையையும் குறிக்கிறது.

1952ல் டெக்சாஸ் பல்கலைக் கழகத்து, ஹிசுவும் பொமெரெட்டும் (T. C. Hisu and Charles M. Pomerat) கொத்தாகத் தெரியும் மெட்டாபேஸ் குரோமோசோம்களைப் பிரித்தெடுக்க ஓர் வழியைக் கண்டுபிடித்தனர். குறைந்த அளவு அடர்த்தியான உப்புக் கரைசலை (hypotonic solution) அந்நிலையில் சேர்த்தனர். அக்கரைசலில் குரோமோசோம்கள், பிரிந்து தெளிவாக வெளிப்பட்டன. ஏனெனில் இக்கரைசலின் அடர்த்தி உட்திரவத்தின் அடர்த்தியை

விடக் குறைவாக இருந்ததாலும் சவ்வூடுபரவுதல் அழுத்தம் (osmotic pressure) குறைந்ததினுலும் அச்செல்கள் உப்பி குரோமோசோம்கள் நன்கு பிரிந்து, தெளிவாகத் தெரிந்தன.

இந்நிலையில் குரோமோசோம்களைப் பற்றி அறிய செல்களைப் பிரித்தெடுப்பதே. அவ்வாறு பிரித்தவைகளை தனி வளர்ப்பு (culture) முறையில் பெருகச்செய்து கணக்கெடுப்பதேயாகும். எலும்பு மஜ்ஜை, தோல், இரத்த செல்களை இதற்குப் பயன்படுத்தினர். 1935ல் சோவியத் நாட்டு குருச்சேவ் (G.K. Kurushchev) என்பவர் வெள்ளை கார்பசில்களைத் தனி வளர்ப்பு முறையில் செய்து வெற்றி கண்டார். சாதாரணமாக இச்செல்கள் பிரியமாட்டா. ஆனல் 1958ல் பென்சில்வேனிய மருத்துவப்பள்ளி பல்கலைக் கழகத்து நோவல் (P.C. Nowell) என்பவர் இச்செல்கள் பிரிவினைக்கு ஓர் வழி கண்டறிந்தார். சிகப்பு பீன்ஸ்களிலிருந்து (red kidney beans) எடுத்த சாறு இரத்தசெல்களை உறையச் செய்து அல்லது அக்ளுட்டேனேட் செய்து (agglutinate) வெள்ளை செல்களைப் பிரித்து எடுத்து தனி வளர்ச்சியில் வெற்றி கண்டார். அச்சாற்றில் உள்ள ஒருவகைச்சத்தே இவ்வளர்ச்சிக்கு காரணமென்றும் கண்டார். செல் பிரிவின்போது ஒத்த குரோமோசோம்களை ஒன்று சேர்க்க பல வழிகளைக் (technique) கண்டனர். 1 முதல் 22 வரை ஒத்த குரோமோசோம்களை பருமனையும் (size) சென்ட்ரோமியரின் இருப்பிடத்தையும் பொருத்து ரகம் வாரியாகப் பிரித்துஎடுத்தனர். எஞ்சியுள்ளதை 'X' 'Y' குரோமோசோம்கள் என்று கூறினர். குன்றல் பிரிவிலும் அவ்வாறே கண்டனர்.

அனைத்து நாட்டுக் கல்விக்குழு 1960ம்ஆண்டு டென்வரில் (Denver) சந்தித்த போது மனித குரோமோசோம்களுக்கு கீழ் கண்ட பெயரிட ஒப்பந்தமளித்தனர். இதற்கு டென்வர் பெயரிடல் முறை (Denver Nomenclature) என்று கூறினர்.

எண் 1.) நீளமாகவும் மெட்டாசென்ட்ரிக் (metacentric) சோடி குரோமோசோம்கள்.

எண் 2.) எண். 1 போல் நீளமுடையது. சப்மெட்டா சென்ட்ரிக் (submetacentric)

எண் 3.) எண். 2 விட சிறியது, ஆனல் மெட்டாசென்ட்ரிக்.

எண் 4/5.) எண். 3க்கு சிறியது; சப்மெட்டாசென்ட்ரிக் ஆனல் பின் வருவனவற்றிற்கு இருப்பது போலில்லாமல் சென்ட்ரோமியர் ஒரு முனைக்கு அருகில் இருக்கும்.

எண் 6—12. (X) அதிக நீளமுள்ள சப்மெட்டாசென்ட்ரிக்குடன் காணும் குரோமோசோம்கள், X குரோமோசோமும் இருக்கும். (15 ஆண்: 16 பெண்)

எண் 13–15.) நீளமுள்ள மூன்று சோடி அக்ரோசென்ட்ரிக் குரோமோசோம்கள் நூல் போன்ற சாட்டிலைட்களும் (satellites அடிக்கடி தோன்றும்.

எண் 16.) முன் கூட்டத்தைவிட சிறியன; மெட்டா சென்ட்ரிக்.

எண் 17–18.) மிகச்சிறிய சப் மெட்டாசென்ட்ரிக் குரோமோசோம் சோடிகள்.

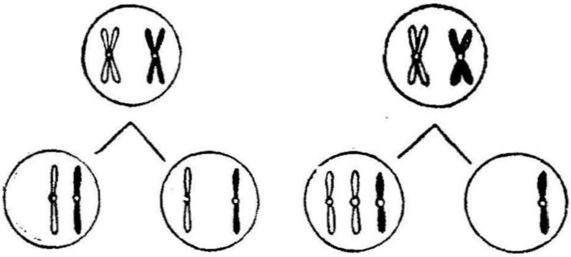
எண் 19—20.) எண் 16 விட சிறியன. சப்மெட்டா சென்ட்ரிக் சோடிகள்.

எண் 21—22.) (Y) சிறிய ஏரியோசென்ட்ரிக் (areocentric) குரோமோசோம்கள். Yகுரோமோசோம் இதற்கு இணையான குரோமேட்டிட்களைக் கொண்டும் கண்டறிய வேண்டும். ஆண் - 5, பெண் - 4)

இரண்டாம்தர சுருக்கங்கள் (secondary constrictions) கூட காண்பதுண்டு.

குரோமோசோம்கள் குன்றல் பிரிவில் பிரியும்போது எவ்வாறு அசாதாரண முறையில் பழகுகின்றன என்று ஆராய ஆரம்பித்தனர். அம்முறையில்தான் பிறப்பில் பொருத்த மற்ற அமைப்பு ஏற்படுகிறது என்றும் மங்கோலிசம் என்ற மடமை நோயும் அவ்வகையைச் சேர்ந்தது என்றும் கண்டனர். லண்டன் பல்கலைக் கழக (L. S. Penrose Laboratory) பென்ரோஸ் ஆய்வுக் கூடத்தைச் சேர்ந்த உர்சுலா மிட்டோச் (Ursula Mittwoch) என்பவர், 1952ல் சிண்ட்ரோம் வியாதியுடையவர்களை பற்றி ஆராய்ந்ததில், ''சாதாரண'' எண்ணிக்கை 48 குரோமோசோம்கள் என்று கூறினர். ஆனால் 1959ல் ஜெரோம்லெஜீனி (Jerome Lejune), ரெய்மாண்டு (Reymond) போன்றவர்கள் பாரிசில் (Paris) செய்த ஆய்வினல் மங்கோலிசம் உள்ளவர்களின் சொமாட்டிக் செல்களில் 47 குரோமோசோம்களே உள்ளன என்றும் சாதாரண செல்களில் 46 தான் என்றும் வரையறுத்துக் கூறினர்.

அதிகப்படியாக உள்ள ஒரு குரோமோசோம் உயிரியல் வல்லுநர்களுக்கும் புதிதல்ல. கொலம்பியா பல்கலைக் கழகத்தைச் சேர்ந்த பிரிட்ஜஸ் (C. B. Bridges) 1913ல் அபூர்வமாக நிகழும் இயபின்மைப் பிரியா நிலையைப்பற்றி(non disjunction) டுரோசோபைலா பூச்சியில் விளக்கியுள்ளார் (படம்62). குன்றல் பிரிவின்போது பால்



படம் 62.
இடையின்மைப் பிரியா நிலை.
டிரைசோமி — மானோசோமி.

குரோமோசோம்கள் எவ்வாறு சமமாகப்பிரியாமல், ஒன்று அதிகப்படியாக மற்றொரு இனச்செல்லுடன் கருவுறுதலின் போது சேர்ந்து XXY உண்டாகின்றன என்பதையும் விளக்கியுள்ளார்.

அதைப் போலவே மனித இனச் செல்களிலும் இவ்வாறு அபூர்வமாகச் சேர்ந்து மங்கோலியக் குழந்தைகளை உண்டாக்க முடியும் என்று தெளிவாகிறது இங்கு இயபின்மைப்பிரியா நிலையில் X குரோமோசோம் பங்கு பெறுமல், ஒரு சிறிய சொமாட்டிக் குரோமோசோம் பங்கு கொள்கிறது. அதாவது 21ம் எண் (No. 21) குரோமோசோம் இரு 21 எண் குரோமோசோமுடைய அண்டம், 21 எண்ணுடைய குரோமோசோமுடைய விந்துடன் சேர்கிறது. முடிவில் கரு முட்டையில் மூன்று 21 எண் குரோமோசோம்கள் இருக்கின்றன. சாதாரண சோடி எண்ணிக்கைக்குப் பதில் அவ்வாறு முடிகிறது. இதற்குத்தான் 21ன்(குரோமோசோம்), ''டிரைசோமி'' (trisomy) என்று பெயர். இதையே 'G' குரூப் என்றும் கூறுவர். அதில் சேட்டிலைட் (satellite) ஒட்டிக் கொண்டிருப்பதையும் காணலாம் (படம் 59). எண் 22ல் சேட்டிலைட் இல்லை. படம் 70-ஐப் பார்க்கவும்.

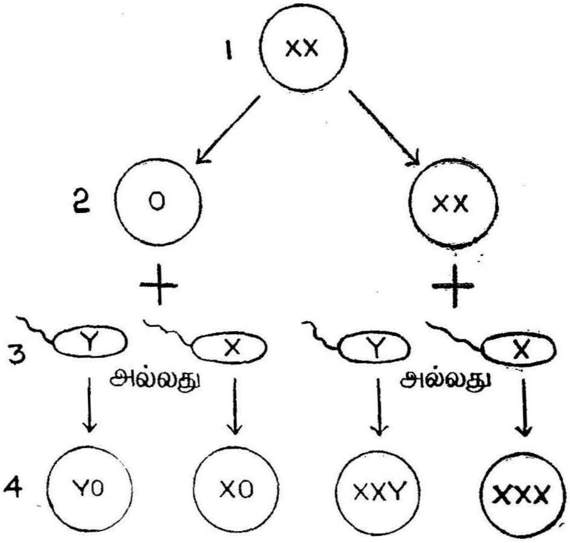
இச்சாதாரண நிகழ்ச்சிக்குக் காரணம் யாது? புள்ளித்தொகுப்பு (statistics) எடுத்ததில், இம்மங்கோலாய்டு குழந்தைகள் பிறப்பிற்கு தாயின் வயதைப் பொருத்ததென்று கண்டுள்ள

னர். மிகக் குறைந்த வயதில் குழந்தைகள் பிறந்தால் அவ்வாறு நிகழ்வதில்லை என்றும் சுமார் (சராசரி-mean) 37 வயதில் பிறக்கும் குழந்தைகளுக்கு இந்நிலை காணப்படுவதாகவும், 45 வயதில் பிறக்கும் போது சுமார் 3% வரை பாதிக்க வாய்ப்புண்டு என்றும் கணக்கிட்டுள்ளனர். இவ்வசாதாரண முறை நோய்க்கு டவுன் சிண்ட்ரோம் (Down's Syndrome or Mangoloid Idiocy) என்று பெயரிட்டுள்ளனர். டவுன் என்பவர் தான் முதன் முதலில் இந் நோயைப்பற்றி விளக்கினார், வளர்சிதை மாற்றத்தின் கோளாருகவோ, லேட்டண்ட் வைரஸ் (latent virus) காரணமாகவோ அல்லது இயபின்மைப்பிரியா நிலைக்குரியதொரு ஜீன் காரண மாகவோ, நிகழலாம் என்று கருதுகிறார்கள். ஆனால் தாயின் வயதுதானு அல்லது மற்ற காரணமா என்று இன்னும் நிர்ணயிக்கப் பட வேண்டிய நிலையில் இருக்கிறது.

டுரோசோஃபைலாவில் பிரிட்ஜஸ் கண்ட ஒழுங்கற்ற தன்மை யைப் போன்றே, மனிதர்களிடத்தில் வேறொரு குரோமோசோம் களின் அசாதாரண சேர்க்கை காணப்பட்டது. இதற்கு கிளின்ஃ பெல்டர் சிண்ட்ரோம் (Klinefelter's Syndrome) என்று பெயர். இதைக் கண்டுபிடித்த அமெரிக்க மருத்துவரின் பெயரையே (H.F. Klinefelter Jr) இதற்குச் சூட்டப்பட்டிருக்கிறது. சுமார் 400 ஆண் களுக்கு ஒன்று வீதம் இந்நோய் காணப்படுகிறது. இந்நோய்க் குரிய குணங்களாவன: அதிக உயரம், மார்பு பெருத்திருத்தல், விந்து சுரப்பிகள் சத்தின்றி தேய்ந்து போதல் (atrophy), விந்துக் கள் உற்பத்தியாகாத நிலை முதலியன. சில சமயங்களில் மூளைக் கோளாறும் ஏற்படுவதுண்டு. இந்நோய் உள்ளவர்களின் குரோ மோசோம்களின் அமைப்பில் இரு X குரோமோசோம்களும், ஒரு Y குரோமோசோமும் காணப்படும் (XXY) பிரிட்ஜஸின் பழப்பூச் சியில் XXY பெண்களாகும். ஆனால் மனிதர்களில், XXY மலட்டு ஆணாகும்.

குன்றல் பிரிவில், தாய் அல்லது தந்தையினால் இயைபின்மைப் பிரியா நிலையில் (non-disjunction) XXY கருமுட்டை உண்டா கிறது. ஓர் அசாதாரண அண்டம் இரு X குரோமோசோம்களை யும் சாதாரண விந்து Y குரோமோசோமையும் அல்லது ஓர் அசா தாரண விந்து Yயையும், Xயையும், அண்டம் Xயையும் அளி தால் இந்நிலை ஏற்படுகிறது. இம்மாதிரி தவறுதல் நிகழ்ந்த ஒரு வருக்கு நிறக்குருடும் (colour blind) ஏற்பட்டது. அவருக்கு நிறக் குருடுத்தாயும், சாதாரண பார்வையுடைய தந்தையும் இருந்தனர். நிறக்குருடு ஜீன் பால் பிணைப்பு (sex linked) உடையது. அதாவது அந்த ஜீன் Xகுரோமோசோமில் இருந்தது. ஆனால் தந்தையின் மற்

றொரு X குரோமோசோம் ஒடுங்கும் நிலையில் (recessive) உள்ளது அதாவது சாதாரணமானதாகும் (normal). ஆகவே நிறக்குருடு ஜீன் தாயின் இரு X குரோமோசோம்கள் மூலம் கொண்டு செல்லப் பட்டது. தந்தையின் X குரோமோசோம் மூலமோ அல்லது அவர் நிறக்குருடாகவோ இருக்க முடியாது. ஆகவே அந்நோயாளி இரு



படம் 63.

குன்றல் பிரிவின் இயபின்மைப் பிரியா நிலை விளக்கும் சில நோய்கள்.

XO — டர்னர் சிண்ட்ரோம்.
XXY — கிளின்ஃபெல்டர். சிண்ட்ரோம்.
XXX. — சூப்பர் பெண்.
1—4. பிரிவின் நிலைகள்.

X குரோமோசோம்களையும் தாயிடமிருந்து பெற்றுள்ளார். மற்றொரு எடுத்துக்காட்டில் குன்றல் பிரிவின் இயைபின்மைப் பிரியா நிலையின் முடிவாக அந்நோயாளி X யையும் Y யையும் தந்தையிட மிருந்தே பெற்றிருக்கலாம். மற்றொரு சாதாரண X குரோமோ சோமைத் தாயிடமிருந்து பெற்றிருக்க வேண்டும். சமீபத்தில் மேலும் பல நோயாளிகளை கண்டறிந்துள்ளனர். அவர்களுடைய செல் குரோமோசோம்கள் XXXY, XXXXY ஆக இருந்தன.

ஆனால் சிறிய Y குரோமோசோமில் காணும் ஜீன்களை குறைத்து மதிப்பிடக் கூடாது. ஏனெனில் Y குரோமோசோம் நாலில் ஒன்றாக இருந்தாலும் அந்நோயாளி ஆண் குணங்களைப் பெற்றிருப்பான்.

தாயில், இயைபின்மைப்பிரியாநிலை ஏற்பட்டால், XX அண்டம், Y குரோமோசோமைப் பெற்றுள்ள விந்தணுவால் தான் கரு தரிக்க வேண்டுமென்றில்லை. Xகுரோமோசோமைப் பெற்றுள்ள விந்தணு அதனுடன் சேர்ந்து கரு தரித்தால், XXX கருமுட்டையின் முடிவென்ன? பழப்பூச்சியில் இவ்வாறு நிகழும்போது சிறப்பு (சூப்பர்) பெண்கள் (**super females**) தான் உண்டாயின. இவைகள் சாதாரணப் பெண்களைப் போன்றே (**normal**) இருந்தன. இவ்வாறே மனிதர்களில் நிகழ்ந்தால் எப்படி இருப்பார்கள்? பேட்ரீசியாஜேகோப்ஸும் அவருடைய உடன் உழைப்பாளர்களும் (**Patricia A Jacobs**) எடின்பரோவின் மேற்கத்திய பொது மருத்துவமனையில் (**Western General Hospital**)சில நோயாளிகளைப் பார்த்ததில், XXX பெண்களாகவும் அவர்கள் சாதாரண பெண்களைப் போன்று வளமாகவும், (**fertile**) இருந்தனர். ஆனால் பலர் மன நோயினால் பாதிக்கப்பட்டும் (**mental defective**) வளமற்றும் (**infertile**) இருந்தனர். மேலும் அவர்களில் சுமார் 40% பெண்களுக்கு மாதவிடாய் வராமலும் (**Amenorshea**) இருந்தது. இம்மாதிரியான நிலைக்கு பால குரோமோசோம்களின் அசாதாரண நிலையே காரணமாகும்.

இயைபின்மைப்பிரியாநிலை அண்டத்தில் இரு XX குரோமோசோம்களினால் ஏற்பட்டால் X குரோமோசோம் இல்லாமலும் அண்டம் உண்டாகலாம். அவ்வாறெனில் ஓர் இனச்செல் Xயைப் கொண்டுள்ள விந்துவினால் கருதரிக்க நேர்ந்தால் கரு முட்டையில் ஒரே ஒரு X குரோமோசோம் தான் இருக்கும். அதற்கு XO என்று பெயர். அம்மாதிரியான மனிதர்களும் பூச்சிகளும் இருக்கின்றன பார்வைக்கு பெண்ணாக இருந்தாலும் அவர்களுக்கு இரண்டாம் தர பாற்குணங்கள் (**secondary sex characters**) இரா; அவர்களுக்கு பிறவிக்குறைபாடான குட்டை உருவமும், தோலிழைப் பொதியுடைய கழுத்தும் (**'webbed' neck**), பெருந்தமனி செப்பக்கேடும் (**malformation of aorta**), செவிட்டுத் தன்மையும், மனவளக்குறைவும் ஏற்படும். ஒக்லஹாமா (**Oklahoma**) பல்கலைக்கழகத்து மருத்துவப் பள்ளியைச் சேர்ந்த ஹென்ரி டர்னர் (**Henry Turner**) என்பவர் 1938-ல் இதுபற்றி விவரித்துள்ளார். ஆனால் 1959வரை இந்த டர்னர் சிண்ட்ரோம்

உண்டாவதற்கு XO குரோமோசோம்தான் காரணமென்று நிரூபிக்கப்படவில்லை. இறுதியாக X குரோமோசோமற்ற அண்டத்தை Y குரோமோசோம் கொண்ட விந்து கருதரிக்கச் செய்தால், இந்நிலை உண்டாகும். அவ்வாறான உயிரி உண்டாவதும் கடினம், பார்த்ததுமில்லை. 1965-ல் XYY ஆண்கள் பற்றியும் செய்திகள் வந்துள்ளன. இவர்கள் மனநிலை (subnormal) சரியில்லாமலும், உயரமாகவும் (6') மூர்க்கத்தன்மை (aggressive behaviour) உடையவராகவும் இருப்பர்.

பாற் குரோமோசோம்களின் அசாதாரண நிலை, இரு பால் உயிரிகளை (hermaphrodite)ப்பற்றியும் விளக்குகிறது. இரு பால் உயிரிகளிடத்தில் ஆண், பெண் ஆகிய இரண்டின் அடிப்படை குணங்கள் காணப்படும். இன உறுப்புகளில், விந்து சுரப்பி திசுக்களும் அண்ட சுரப்பி திசுக்களும் காணப்படும். பெரும் பாலான இருபால் உயிரிகளில் 46 குரோமோசோம்களே காணப் படுவதுடன், சாதாரணப் பெண்களிடத்தில் காணப்படும் XX குரோமோசோம்களே காணப்படுகின்றன. இருபால் உயிரிகளுக்கு எளிய குரோமோசோம் விளக்கம் கொடுப்பது அவ்வளவு சுலப மல்ல என்று தெரிகிறது.

இவ்வாறான இருபால் உயிரிகளில் மொசேக் அல்லது பல் வண்ணநிலை (mosaics) ஏற்பட்டதாகத் தெரியவில்லை. இவை பின்மைப்பிரியாநிலை குன்றல் பிரிவில் (meiosis) நிகழ்வதில்லை. மறைமுகப்பிரிவான மைட்டாசிஸில் (mitosis) நிகழ்கிறது. முன்னது இனச் செல்களிலும் பின்னது சொமாட்டிக் செல்களிலும் நிகழ்கின்றது.

	சாதாரண இனச்சொல் X	Y
அசாதாரண பெண் இனச் செல்கள் O	XO	YO
XX	XXX	XXY

XO = அசாதாரண பெண் (டர்னர் சிண்ட்ரோம்)
XYO = பெரும்பாலும் நிகழாது.
XXX = அசாதாரண பெண் (மூவை X'சூப்பர்' ஆண்)
XXY = அசாதாரண ஆண் (கிளின் ஃபெல்டர் சிண்ட்ரோம்)

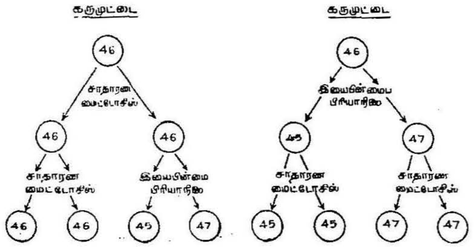
மனிதனில் சாதாரண நிலை ; பால் நிர்ணயித்தல்

	பால் தோற்ற வழி அமைப்பு	வளமான தன்மை	பார் பாடிகள் எண்ணிக்கை	பால் குரோமோசோம்கள்
1. சாதாரண ஆண்	ஆண்	+	0	XY
2. சாதாரண பெண்	பெண்	+	1	XX
3. டர்னர் சிண்ட்ரோம்	பெண்	—	0	XO
4. கிளின்ஃபெல்டர் சிண்ட்ரோம்	ஆண்	—	1	XXY
5. ட்ரிப்பிள் X சிண்ட்ரோம்	பெண்	±	2	XXX
6. ட்ரிப்பிள் X-Y சிண்ட்ரோம்	ஆண்	—	2	XXXY
7. டெட்ரா சிண்ட்ரோம்	பெண்	?	3	XXXX
8. டெட்ரா XY சிண்ட்ரோம்	ஆண்	—	3	XXXXY
9. பெண்ட்டா X சிண்ட்ரோம்	பெண்	?	4	XXXXX

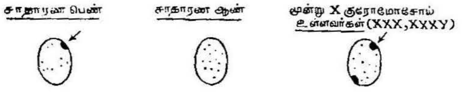
அசாதாரண ஆண் இனச்செல்கள்

		XY	O	
சாதாரண பெண் இனச் செல்கள்	X	XXY	XO	XXY = கிளின்ஃபெல்டர் சிண்ட்ரோம்
	X	XXY	XO	XO = டர்னர் சிண்ட்ரோம்.

3. 'பல்வண்ண' நிலை (Mosaics)



4. பார்பாடிகள்



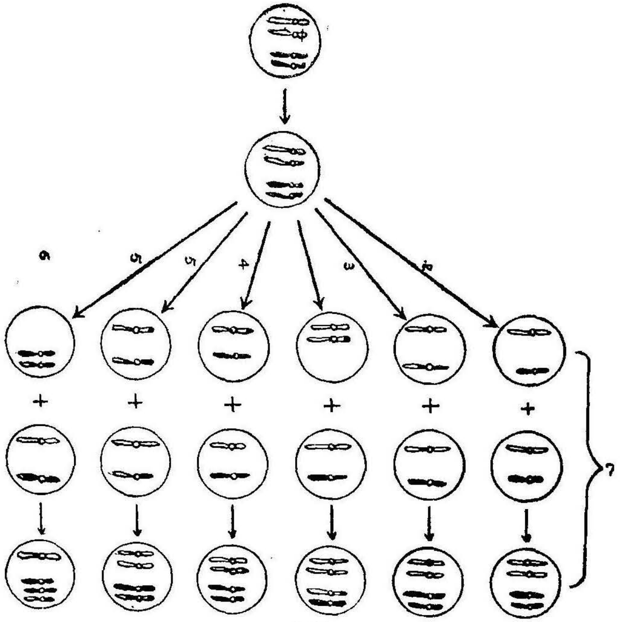
மொசேக்கிஸம் அல்லது பல்வண்ண நிலை (Mosaicism) என்பது புள்ளியியல் கொள்கையாகும் (statistical concept) வெவ்வேறு குரோமோசோம்களின் கூட்டம் மைட்டோட்டிக் இயபின்மைப் பிரியா நிலையின் மூலம், கருதரித்த பின் உண்டாவதே பல்வண்ண நிலையாகும். டவுன் சிண்ட்ரோமுடைய நோயாளிகளிடத்து இந்நிலை காணப்படுகிறது. பால் குரோமோசோம்கள் சரியற்று அமைந்துள்ளவர்களிடத்தில் மொசேக்கிஸம் சாதாரணமாகக் காணப்படுகிறது. பால்குண ஒழுங்கற்றத் தன்மை (**sexual anomaly**) இதனைச் சேர்ந்ததே.

பார் பாடிகள் (Barr Bodies) அல்லது பால் குரோமேட்டின் (Sex Chromatin)

1940-ம் ஆண்டில் முர்ரே பார் என்பவர் இதை முதன் முதலில் கண்டு பிடித்ததினால் அவர் பெயரில் வழங்கப்பட்டது (Murray Barr, 1940.) இங்கிலாந்து நாட்டைச் சேர்ந்த ஹார்வெல்லைச் சேர்ந்த டாக்டர் மேரிலையான் (Dr. Mary Lyon of Harwell, England) என்பவர் ஆரம்பக்கரு வளர்ச்சி காலத்தில், X குரோமோசோம்கள் மரபியல் படி செயலாற்று (inactive) பார் பாடிகளை இடைநிலையில் உண்டாக்குகின்றன என்று கூறினர். இதற்கு லையான் கோட்பாடு என்று பெயர். இதனால் பெண் மொசேக்குகள் உண்டாகின்றன என்று விளக்கியுள்ளார். ஒவ்வா கரு முட்டையுடைய பெண்களில் இது காணப்படுகிறது (படம் 69).

எண்ணிகை வேறுபாடு குரோமோசோம்களின் ஒழுங்கற்ற தன்மையினால் ஏற்படுகிறது. அத்தன்மையின் எண்ணிக்கை ஒவ்வொரு இனத்திலும் (species) முடிவுடையதே (finite). இது குரோமோசோம்களின் ஒரு செயலாகும்.

குரோமோசோம்களின் அமைப்பிலும் எண்ணிக்கையிலும் பிரட்சிகள் நடைபெறும். அவ்வித வேறுபாடுகளின் எண்ணிக்கை முடிவற்றது. அப் பிரட்சிகளில் நீக்கம் அல்லது குறைதலை (deletion) எதிர் இடமாற்றம் அல்லது மாற்றி அமைதல் (translocation) ஆகிய இரண்டும் முக்கியமானவைகள். நீக்கத்தில் குரோமோசோமின் ஒரு பகுதி ஒடிந்து இழக்கப்படுகிறது. அவ்வாறு இழக்கப்படும்போது கணிசமான அளவு மரபியற் பொருள்கள் இழந்து விடுகின்றன என்று பொருள். அது சொல்லுதற்குரிய நிலையை (lethal) அடைகிறது. அதிக அளவு குறைதல் நீக்கம் சாதாரணமாகக் காணப்படுவதில்லை. மாற்றி அமைவதிலும் ஒடிதலைத் தொடர்ந்து, ஒடிந்த பகுதி வேறொரு இடத்தில் சேர்ந்து கொள்கிறது. இரு ஒவ்வா குரோமோசோம்கள் ஒடியப்பெற்று ஒன்றிற்கொன்று ஒடிந்த பகுதியை மாற்றி இணைந்துக் கொள்கின்றன. இதில் முந்திய சமமாற்றமே குன்றல் பிரிவில் நிகழ்கிறது. குறைவையும் (defeciency) இரட்டிப்பையும் (duplication) உடைய இனச் செல்களை இம்மாற்றி அமைதல் உண்டுபண்ணும். ஆகவே சில இனச் செல்கள் சாதாரண மாற்றி அமைந்த குரோமோசோம்களையும், அல்லாதவைகளையும் எடுத்துச் செல்கின்றன. சாதாரண தோற்றமுடைய மனிதனும்,



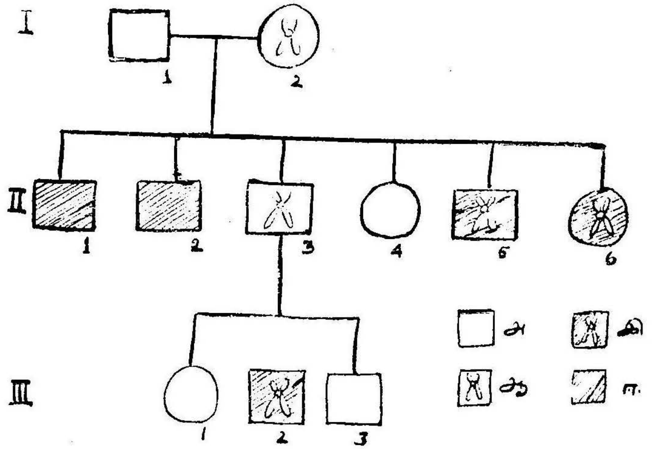
படம் 64.

இடமாற்றத்தில் நிகழ்வன.

சமப்பட மாற்றி அமைந்த குரோமோசோம்களை எடுத்துச் செல்லும், குன்றல் பிரிவின்போது சமமற்ற இனச் செல்களில் முடிவதுமுண்டு.

முதல் மாற்றியமைதலை (first translocation) லெஜீனி (Lejune) என்பவர் 1959ல் ஒரு மனநிலை குறைபாடுடைய பையனிடத்தில் கண்டார். அவனுக்கு பிறவியிலேயே முதுகெலும்பு நெறி பிறழ்வான முறையில் (abnormal) அமைந்திருந்தது. அவனுடைய செல்களில் 45 குரோமோசோம்களே இருந்தன, இதில் ஒன்று ஒத்த சோடியின் ஒன்றைவிட அதிக நீளமாக இருந்தது. இவ்வதிக நீளத்திற்கு, காணமற்போன ஒரு குரோமோசோமின் பகுதி மற்றொன்றுடன் ஒட்டிக் கொண்டதே காரணமென்று லெஜீனி கூறினர். எஞ்சிய பகுதி வெளியேற்றப்பட்டு

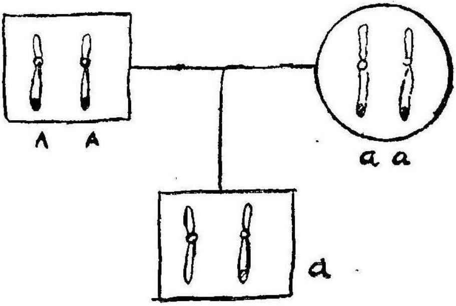
விட்டது. டவுன் சிண்ட்ரோமிற்குக்கூட இம்மாதிரி காரணம் பொருந்தும் என்று அண்மையில் விளக்கியுள்ளனர். இவைகளில் காணும் அதிகப்படியான குரோமோசோம் (extra free) அதாவது 21ன் டிரைசோமி(படம்68) மற்றொரு குரோமோசோமுடன்மாற்றியமைந்துள்ளது. இதன் முடிவு 46 குரோமோசோம் கொண்ட டவுன் சிண்ட்ரோமே. ஆகவே இந்நோய் குரோமோசோம்களின் எண்ணிக்கையை (number) பொறுத்திராமல், அதிக குரோமோசோம் பொருளைப்(material)பொறுத்ததாகத்தெரிகிறது(படம்70).



படம் 65.
டவுன் சிண்ட்ரோம் உண்டாகும் வம்சாவளி.

தீங்கு விளைவிக்கின்ற செல்களில் (malignancy cells) அசாதாரண எண்ணிக்கைக் குரோமோசோம்கள் உள்ளன. குரோமோசோம்களின் ஒழுங்கற்ற தன்மை அசாதாரண வளர்ச்சியை உண்டாக்குகிறதா அல்லது தீங்கு விளைவிக்கின்ற தன்மைதான் காரணமா; என்பதில் கருத்து வேறுபாடு இருக்கிறது. ஆனால் பின்னதே காரணமாக இருக்கக்கூடும். அண்மை ஆய்வு இதைத் தெளிவுபடுத்துகிறது. கடுமையான நிலையிலுள்ள லூக்கிமியாவின் வெள்ளை செல்கள் பல்வேறு அசாதாரண குரோமோசோம்களின் அமைப்புகளையும் எண்ணிக்கைகளையும் காண்பிக்கின்றன. மேற்கூறிய கருத்திற்கு ஏற்றாற்போல் தீங்கு விளைவிப்புகள் குரோமோசோம்களின் பிரட்சிக்குக் காரணமாக இருக்கின்றன. ஆனால் கோரியானிக் மைலோஜீன்ஸ் லூக்கிமியா

(chorionic myelogenous leukemia) என்ற நோயில், ஒரு தனித் தன்மை வாய்ந்த (unique) பிரட்சியாகும். இதற்கு 21ம் குரோமோ சோமில் சிறிய ஒரு பகுதி நீக்கப்படுவதே (deletion) (படம்66,67).

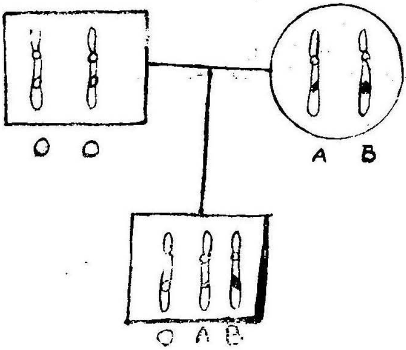


படம் 66.
பகுதி குரோமோசோம் நீக்கப்படுதல்.
(AA) **ஆண்.**
(aa) **பெண்.**

டவுன் சிண்ட்ரோமும் இந்த 21-ம் குரோமோசோமின் கோளாறைப் பொருத்ததே. இவ்வேறுபாட்டிற்கும், நோய்க்கும் உரிய தொடர்பு மேலும் ஆராயப்படவேண்டிய தொன்றாகும். டவுன் சிண்ட்ரோம் உள்ளவர்களே அதிகம் லூக்கிமியா நோயினால் பாதிக்கப்பட்டுள்ளனர். ஏனெனில், 21ம் குரோமோசோமுடன் சேர்ந்து அசாதாரண வெள்ளை செல்கள் உண்டாக்குவதே.

குரோமோசோம்களின் அசாதாரண நிலையுடன் கூடிய அமைப்புக் கோளாறுகள் மரபியல் துறையைவிட மருத்துவத் துறைக்கே மிக முக்கியமாகும். மரபியல் வல்லுநர்களுக்கு பரந்த குறிக்கோள்கள் உண்டு. மனித குரோமோசோம்களை கண்டறிய தற்காலம் வளர்ந்த பல நுட்ப முறைகளைக் (technique) கொண்டு அக் குரோமோசோம்களை வரைப்படம் வரைதல் (mapping) செய்வதே முக்கிய காரியமாகும். அதாவது ஒரு ஜீனின் இருப்பிடத்தைக் குறிப்பதாகும். பழப்பூச்சியின் ஜீன்கள் வரைப்படம் மூலம் தெளிவு படுத்தப்பட்டுள்ளது. இதற்காக ஆய்வாளர்கள் குரோமோசோம்களின் சாதாரண மரபு கூறுகளுக்கும் பிரட்சி களுக்கும் உள்ள தொடர்புகளை சோதனை செய்து பார்க்கின்றனர். எடுத்துக்காட்டாக குழந்தையில் ஒரு சாதாரண ஒடுங்கும் மரபுக் கூறு (trait) ஜீன் a ஒக்கும் ஜீன் Aயுடன் இணைந்து காணும்போது

Aஜீனுல் அமுக்கப்பட்டுவிடுகிறது. இக் குழந்தையின் குரோமோசோமில் நீக்குதல் அல்லது குறைதல் (deletion) நிகழ்ந்தால், அந்த A ஜீனின் நீக்கதிற்குரிய காரணத்தை விளக்கவும் அதே நேரத்தில் a, A ஜீன்களின் இருப்பிடத்தையும் குறிக்கிறது.



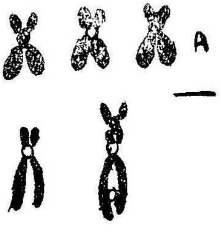
படம் 67.

டிரைசோமி.
'O' (OO ஜீன்கள், ஆண்.
A B பெண் இரத்தவகைகள்.
OAB மகள்.

மற்றொரு எடுத்துக்காட்டாக, பழக்கமற்ற இரத்த வகை பரம்பரையில் டிரைசோமியைக் காணலாம். Oவும், ABயும் இரத்த வகையாகக் கொண்ட பெற்ருேர்களிடமிருந்து AB இரத்த வகைக் குழந்தைகள் உண்டாவதைப் பார்த்திருக்கலாம். மூன்று இரத்த வகை ஜீன்களை அக் குழந்தை பெற்றிருந்தால் இது நிகழும். ஆகையால் அக்குழந்தையின் டிரைசோமிக்கு குரோமோசோமில் இந்த ஜீன்கள் அமைந்திருக்கவேண்டும் (படம் 66).

மேலும் பல நோய்கள், குரோமோசோம்களின் அமைப்பினுலும் எண்ணிக்கையினுலும் உண்டாகின்றன. இரத்த உறைவின்மை நோய் (hemophilia) (படம் 71) தசை சம்பந்த நோய் (muscular dystrophy) பிறவிப் பிழை நோய்கள் (inborn errors in metabolism சிக்கிள் செல் இரத்த சோகை (sickle cell anaemia) எரித்திரோபிளாஸ்டோசிஸ் ஃபீட்டாலிஸ் (erythroblastosis foetalis) அல்லது ஆட்டோ இம்மியூன் நோய் (autoimmune diseases)

போன்ற நோய்கள்யாவும் குரோமோசோம்களினுல் நிகழ்கின்றன. இவைகளைப்பற்றி ஆங்காங்கே உரிய இடங்களில் விளக்கப்பட்டுள்ளன. உடலின் ஒவ்வொரு பாகங்களும் ஜீன்களினுல் கட்டுப்படுத்தப்படுவதால்; ஆங்காங்கே உண்டாகும் நோய்களுக்கு பரம்பரையைத் தொடர்புபடுத்தி விளக்கமுடியும். தோல் நிறம், மயிர்களின் அமைப்பு, கண்களின் பார்வை நிறம், காதுகள், மூக்கமைப்பு, வாய், பற்கள், உதடுகள், கை விரல்கள்அமைப்பு, எலும்புகளின் அமைப்பு, மூளை நரம்புக் கோளாறுகள், நீரிழிவு, நோய், புற்றுநோய்கள் (cancer) போன்றவைகளைக் குறிப்பிடலாம்.

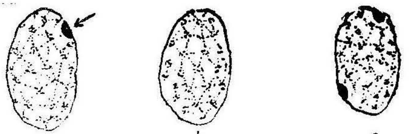


படம் 68.

டவுன் சின்ட்ரோம்.

(A) 21ம் எண். குரோமோசோமில் டிரைசோமி தாயின் 21ல் தந்தை குரோமோசோமும் கருத்தரித்த போது சேர்ந்து விடல்.

(B) 15ம் எண்ணில் மாறி இணைதல் ஏற்பட்டது.

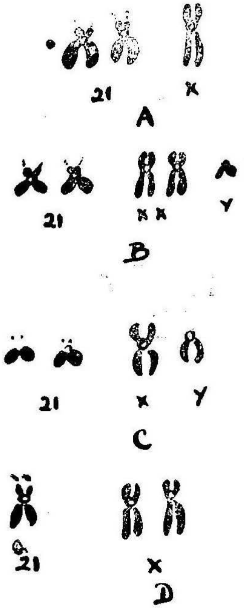


a b c

படம் 69.

பார்பாடி அல்லது இணைக்குரோமாடின்.

(a) நார்மல் பெண்ணில் ஒரு பார்பாடி [அம்புக்குறி].
(b) நார்மல் ஆணில் பார்பாடி இல்லை.
(c) மூன்று X குரோமோசோம் உள்ளவர்களிடத்தில்(XXX)அல்லது XXXY சிண்ட்ரோம்) இரு பார்பாடிகள் உண்டு.



படம் 70.

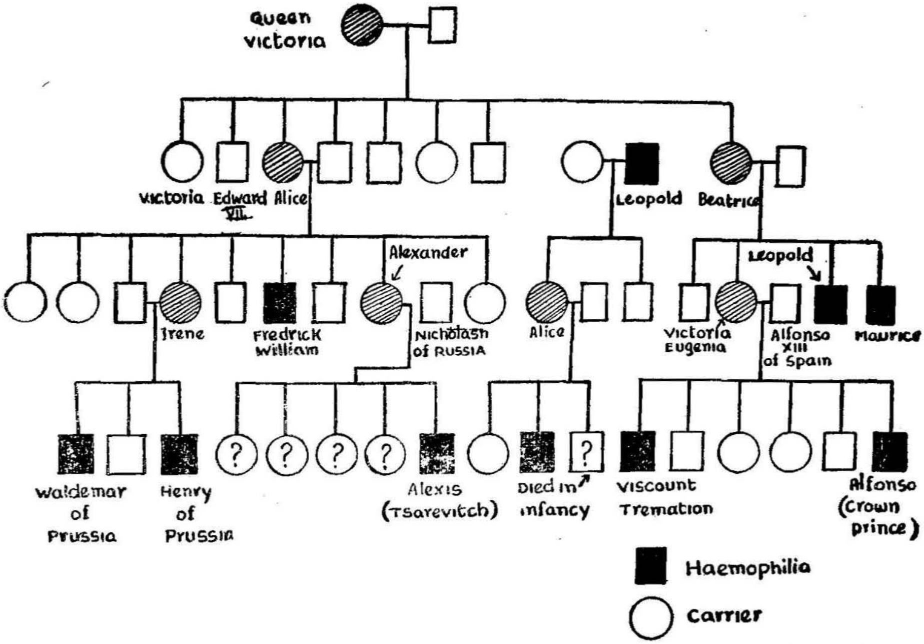
(A) டர்னர் சின்ட்ரோம்: 21ம் X குரோமோசோம்களின் தோற்றம்.

(B) கிளின்ஃபெல்ட்டர் சின்ட்ரோம் 21-ம் X, Y குரோமோசோம்கள்.

(C) மாற்றியமைந்த மங்கோலிச தெரையோடைப்

46 குரோமோசோம்களில் 15 வது நார்மல் குரோமோசோமாகவும் 21வது சோடியும் நார்மலாகவும், 15க்கும் 21க்கும் இடையே மாறியமைப்பட்ட (translocation) ஒரு பெரிய குரோமோசோமும் காணப்படுகிறது. மற்ற குரோமோசோம்கள் நார்மல் மனிதனில் காணப்படுவது போன்றதே.

(D) மேற்கூறிய நோயாளியின் தாயிடம் காணப்படும் குரோமோசோம்கள் தோற்றத்தில் நார்மலாகவும், 45 குரோமோசோம்கள் உடையனவாகவும் 15ம்,21ம் சேர்ந்து காணப்படுவதால் ஒன்று குறைவாகத் தோன்றுகிறது. மற்ற குரோமோசோம்கள் நார்மலே.



படம் 71. இராணி விக்டோரியாவின் பரம்பரையில் இரத்த உறைவின்மை நோய் வழித்தோன்றல்.

11. ஜீன் பிணைப்பும் குறுக்கெதிர் மாற்றமும்

(Linkage and Crossing Over)

மரபியல் வல்லுநரான கிரிகர் மெண்டல் (G. Mendel) என்பவர் சில விதிகளின் மூலம், பாரம்பரிய தத்துவங்களை விளக்கினார் என்று முன் விளக்கினோம். அவ்விதிகளுக்குப் பிரிதல் விதி (Law of Segregation), தனித்து ஒதுங்குதல் விதி(Law of Independent Assortment) என்று பெயர்.

இனச் செல்கள் (gametes) குன்றல் பிரிவால் (meiosis) முதிர்ச்சி பெறுகின்றன. அப்போது தாய் வழி, தந்தை வழியாக வரும் ஒரு குரோமோசோம் சோடிகள் (a pair of chromosomes) தனித்துப் பிரிந்து இனச் செல்களுக்குச் செல்கின்றன. இவ்வாறாகக் குரோமோசோமிலுள்ள ஜீன்களும் இனச் செல்களுக்குச் செல்கின்றன.

ஆனால், பெரும்பாலான உயிரிகளில் ஜீன்களின் எண்ணிக்கையானது குரோமோசோம்களின் எண்ணிக்கையை விட மிகவும் அதிகமாக இருக்கின்றது. எடுத்துக்காட்டாக, பழப் பூச்சியான டுரோசோஃபைலாவில் (fruit fly drosophila) ஆயிரக்கணக்கான ஜீன்கள் காணப்படுகின்றன; ஆனால் நான்கு குரோமோசோம் சோடிகள்தாம் உள்ளன. எல்லா ஜீன்களும் குரோமோசோமினுள் இருப்பதனால் ஒவ்வொரு குரோமோசோமினுள்ளும் அநேக ஜீன்கள் இருத்தல் வேண்டும். அதனால் ஒரு குரோமோசோமிலுள்ள ஜீன்கள் தனித்து ஒதுங்கும் விதியானது எல்லா விவரங்களையும் உட்கொண்டதாகக் கொள்ளமுடியாது. அவ்விதி வெவ்வேறு குரோமோசோமிலுள்ள ஜீன்களுக்குத்தான் பொருந்தும்.

இவ்வாறு மெண்டலின் தனித்துஒதுங்கும் விதிக்குட்படாதசில வகை மரபுவழிகளை 1906-ஆம்ஆண்டு பேட்டிசன்(Bateson)பன்னட் (Punnet) என்ற இரு மரபியல் நிபுணர்கள் கண்டுபிடித் தார்கள்

(உ. ம்.) பட்டாணிச் செடியில் (sweet pea plant) இரண்டு சோடி அல்லீல்கள் (two pairs alleles) இவ்வாறு தனித்து ஒதுங்குவதில்லே. இவை பட்டாணிப் பூ வி ன் நிறத்தையும், மகரந்தத்தூளின் வடிவத்தையும், குறிக்கின்றன. பட்டாணிப் பூவின் நிறங்கள் கருஞ்சிவப்பாகவோ (purple), சிவப்பாகவோ (red) இருக்கின்றன. மகரந்தத்தூளின் வ டி வ ம் நீணடோ (long - L), உருண்டை யாகவோ (round) இருக்கின்றது. வெவ்வேறு சோதனேகளின் மூலம், பூவின் கருஞ்சிவப்பு நிறமும் (Purple-L), மகரந்தத்தூளின் நீண்ட வடிவமும் (long L) ஓங்கியிருப்பதையும் (dominant), சிவப்பு நிறமும் (red - P), மகரந்தத்தூளின் வட்ட வடிவமும் (round -l) ஒடுங்கியிருப்பதையும் (recessive) கண்டறிந்தனர்.

ஓங்கிய பண்புகளான நீண்டவடிவமுள்ள மகரந்தத்தூளும் கருஞ்சிவப்பு நிறப் பூவும் கொண்ட (PPLL) ஒரு பட்டாணிச் செடியையும், ஒடுங்கிய பண்புகளான உருண்டை வடிவமான மகரந்தத் தூளும் சிவப்புநிறப் பூவும் கொண்ட மற்ருெரு பட்டாணிச் செடியையும் (PPll) இனக் கலப்புச் (cross) செய்தால், 1-ஆம் தலேமுறையில் (FT) எல்லாச் செடிகளும் நீண்ட வடிவமுள்ள மகரந்தத் தூளும், கருஞ்சிவப்பு நிறப் பூவும் கொண்ட செடிகளாகவே காணப்படும். ஆனுல் இச்செடி ஒரு கலப்பினம் (hybrid-PpLl) ஆகும்.

இந்தக் கலப்பினச் செடியை (PpLl) ஒத்த வேருெரு கலப்பினச் செடியுடன் (PpLl) இனக் கலப்புச் செய்தால், மெண்டலின் விதிப்படி 2-ஆம் தலேமுறையில் (F_2) நான்கு வகைச் செடிகள் *9 : 3 : 3 : 1* என்ற விகிதத்தில் காணப்படவேண்டும்.

ஆனுல் பேட்டிசனும், பன்னட்டும் செய்த சோதனேயில் நான்கு வகைச் செ டி க ள் காணப்பட்டபோதிலும், அவை *9 : 3 : 3 : 1* என்ற விகிதத்தில் இல்லே. நீண்ட வடிவமான மகரந்தத்தூளும், கருஞ்சிவப்பு நிறப் பூக்களும் கொண்ட செடிகளும், உருண்டை வடிவமான மகரந்தத்தூளும் சிவப்பு நிறப் பூக்களும் கொண்ட செடிகளும் பெருமளவில் இருந்தன. இவை பெற்ருேரின் பண்புகளேயே கொண்டிருந்ததால் பெற்ருேர் பண்புச் சேர்க்கைகள் (parental combinations) என்று கூறப்பட்டன. மற்ற இரண்டு வகைகளும் பெற்ருேர் பண்புகளேக் கொண்டிராமல் மாறி அமைந்திருந்தன. இவற்றில் ஒன்று உருண்டை வடிவமான மகரந்தத்தூளும் கருஞ்சிவப்பு நிறப்பூக்களும், மற்ருென்று நீண்ட வடிவமான மகரந்தத்தூளும் சிவப்பு நிறப்பூக்களும்

கொண்ட செடிகளாகக் காணப்பட்டன. ஆனல் இவற்றின் எண்ணிக்கை, மற்றதைக் காட்டிலும் குறைவாக இருந்தது. இவை மாறி இணைந்த சேர்க்கைகள் (recombinations) எனக் கூறப் பட்டன.

அடுத்து, மற்ருெரு சோதனையையும் செய்தனர். உருண்டை வடிவமுள்ள மகரந்தத்தூள்களும், கருஞ்சிவப்புப் பூக்களும் கொண்ட ஒரு பட்டாணிச் செடியையும் (PPLL) மற்ருெரு பட்டாணிச் செடியையும் இனக் கலப்புச் செய்தார்கள். 1-ஆம் தலைமுறையில் காணப்பட்ட கலப்பினங்களைத் தன் மகரந்தச் சேர்க்கையில் (self-pollination) கலந்து 2-ஆம் தலைமுறைச் செடிகளை வகைபடுத்தினுர்கள். அப்போதும் பெற்ருேர் பண்புச் சேர்க்கைகள் அதிகமாகவும், மாறி இணைந்த சேர்க்கைகள் குறைவாகவும் காணப்பட்டன.

மேற்கூறிய பரிசோதனையிலிருந்து, பேட்டிசனும், பன்னட்டும் கண்டறிந்த உண்மைகளாவன.

1. உயிரியானது இரண்டு அல்லீல்களை (P,L)ஒரே பெற்ருேரிடமிருந்து (PPLL × ppll) பெறும்போது, அந்தஅல்லீல்களை இணைந்தே செல்கின்றன. இதற்குக் கூடுதல் (coupling) என்று விளக்கம் கூறினுர்.

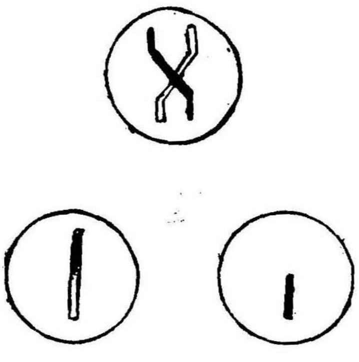
2. ஓர் உயிரியானது அதே அல்லீல்களை (P.L) வெவ்வேறு பெற்ருேரிடமிருந்து (PPLL × ppll) பெறும்போது வெவ்வேறு இனச் செல்களை அடைந்து பிரிந்து காணப்படுகின்றன இதற்கு விலகுதல் (repulsion) என்று விளக்கம் கூறினுர்.

ஆனல் கூடுதல், விலகுதல் என்ற சொற்கள் தற்போது வழக்கத்திலிருந்து மறைந்து விட்டன. ஏனென்ருல் டி. எச். மார்கன் (T. H. Morgan) என்னும் வல்லுநர், இவ்விரண்டு முறைகளும் ஜீன் பிணைப்பின் (linkage) இருபகுதிகள் (aspects) தாம் என்று நிருபித்துக் காண்பித்தார். அவருடைய சோதனைகள் மூலம் கீழ்கண்ட உண்மைகள் புலனுயின.

1. சில பண்புகளுக்குறிய ஜீன்கள் ஒரே குரோமோசோமில் இருப்பதால்தான் அவை தனித்து ஒதுங்காமல் இணைந்தே காணப் படுகின்றன.

2. இந்த இணைப்பின் வலிமையானது (strength) ஜீன்களுக் கிடையே இருக்கும் தூரத்தைப் பொறுத்தது (மார்கன் 1911).

3. ஜீன்கள் குரோமோசோம்களில் நேர்க்கோட்டில் (linear) அமைந்துள்ளன. ஆகவே ஜீன் பிணைப்பு (linkage) என்னும் முறையானது, ஒரே குரோமோசோமிலுள்ள ஜீன்கள் சேர்ந்தே இனச் செல்களுக்குச் செல்லும் தன்மையைக் குறிக்கும். ஒரே குரோமோசோமிலுள்ள ஜீன்களை ஜீன் பிணைப்புத் தொகுதிகள் (linkage groups) எனக் கூறலாம். இவ்வாறு ஜீன்கள் இணைந்து இனச்செல்களுக்குச் செல்லும் போது அவை பெற்றோர் பண்புச் சேர்க்கைகளாக வெளிப்படுகின்றன. மேலும் ஜீன் பிணைப்புத் தொகுதிகளின் எண்ணிக்கை, ஒரு செல்லிலுள்ள ஒற்றை எண் குரோமோசோம்களைப் பொறுத்தது. அதாவது, எவ்வளவு ஒற்றை எண் குரோமோசோம்கள் உள்ளனவோ அவ்வளவு ஜீன் பிணைப்புத் தொகுதிகள் உள்ளன. எடுத்துக்காட்டாக பழப்பூச்சியில் நான்கு ஒற்றை எண் குரோமோசோம்கள் உள்ளன. ஜீன் இணைப்புத் தொகுதிகளும் நான்கு உள்ளன (படம் 72).

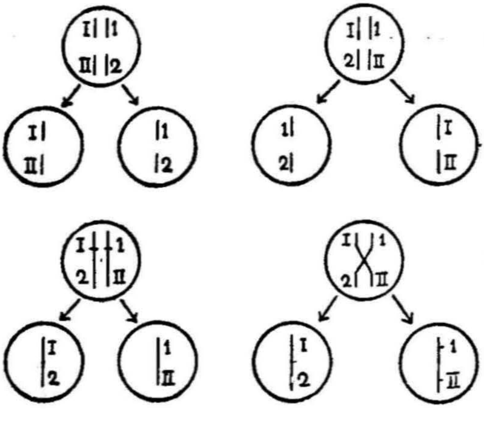


படம் 72.

குறுக்கெதிர் மாற்றம்.

ஜீன் பிணைப்புபற்றிச் சோளச் செடியிலும் பழப் பூச்சியிலும், மிகச் சிறப்பாக விவரிக்கப்பட்டிருக்கின்றது. இவ்விரண்டிற்கும் ஒருவேறு பாடு உண்டு. சோளச் செடியில் இருபால்களிலும் இணைந்திருக்கும் ஜீன்களுக் கிடையே (linked genes) மாறி இணைதல் முறை (recombination) காணப்படுகின்றது. ஆனால் ஆண் பழப் பூச்சியில் மட்டும் இது காணப்படுவதில்லை. ஆகவே இவற்றில் ஜீன் பிணைப்பு முழுமையாகக் காணப்படுகின்றது. குறுக்கேற்றமும் (படம் 72) குரோமோசோம்கள் குன்றல் பிரிவினால் பிரிவதும்

(படம் 73)கவனிக்க. நான்குவித இனச் செல்கள் உண்டாகின்றன. (பிணைப்பும், தனித்தொதுங்குதலும் படம் 73 விளக்குகின்றது).



படம் 73.

ஜீன் பிணைப்பும் தனித்தொதுங்குதலும் ஒப்பிடுதல்.

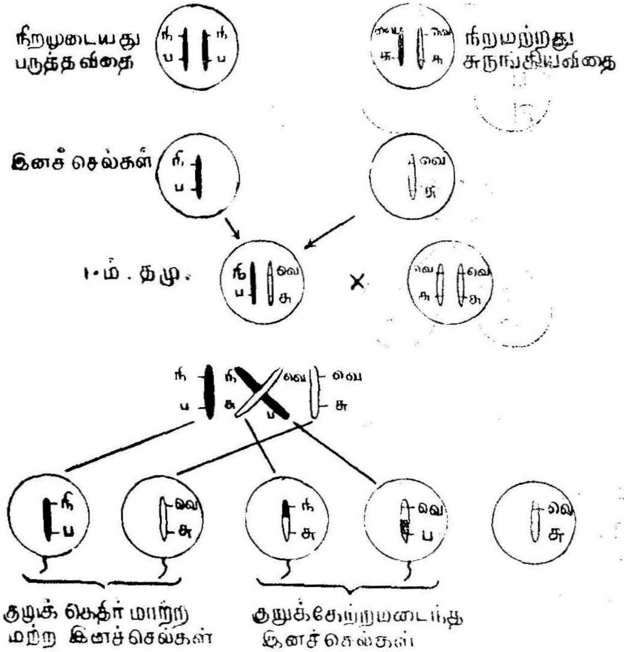
சோளச் செடியில் ஜீன் பிணைப்பு

(Linkage in Maize)

நிறமுள்ளதும் (coloued-C) பருத்த (full-S) விதையுடையதுமான சோளச் செடியையும் (CC SS). நிறமற்றதும் (colourless-C) சுருங்கிய (wrinkled-S) விதையுடையதுமான சோளச் செடியையும் (CC SS) ஹட்சிசன் (Hutchison) என்பவர் இனக் கலப்புச் செய்தார்(படம் 74). அதன் மூலம் நிறப் பண்பின் ஜீனுகிய C-யும், விதையின் பருத்துக் காணப்படும் பண்பின் ஜீனுகிய S-ம் ஓங்கிய தன்மை (dominant) உடையனவாயிருக்கக் கண்டார். அதுபோல நிறமற்ற பண்பின் ஜீனுகிய C-யும், விதையின் சுருங்கிக் காணப்படும் பண்பின் ஜீனுகிய S-ம் ஒடுங்கிய தன்மை(recessive) உடையனவாயிருக்கக் கண்டார்.

மேலும் 1-ஆம் தலைமுறைக் கலப்பினத்தின் (FT-hybrid) (CcSs) இனச் செல்களின் விகிதத்தைச் சோதிப்பதற்காக ஆய்வுச் சேர்க்கை அல்லது பின்சேர்க்கை (test cross or back cross)

செய்து பார்த்தார். அதில் மெண்டலின் சோதனைகளில் கிடைத்த 1 : 1 : 1 : 1 என்ற விகிதத்தில் அமைந்த நான்கு வழித்தோன்றிகள் அல்லது இளங்கன்றுகள் (offspring) கிடைக்கவில்லை. ஆனால் கீழ்க் காணப்படும் எண்ணிக்கையில் அந்த நான்கு வழித் தோன்றிகளும் அமைந்திருந்தன.



படம் 74.

சோளத்தில் ஜீன் பிணைப்பும், குறுக்கெதிர் மாற்றமும்.

1.	நிறமுள்ள, பருத்த விதையுடைய	CScs	=	4032
2.	நிறமுள்ள, சுருங்கிய விதையுடைய	Cscs	=	149
3.	நிறமற்ற, பருத்த விதையுடைய	cScs	=	152
4.	நிறமற்ற, சுருங்கிய விதையுடைய	cscs	=	4035
	மொத்தம்		=	8368

இவற்றில் பெற்றோரைப் போலவே காணப்பட்ட, நிறமுள்ள, பருத்த விதையுடைய செடிகளும் (CScs), நிறமற்ற, சுருங்கிய விதையுடைய செடிகளும் (cscs) மற்றவற்றைக் காட்டிலும் பெருமளவிலிருந்தன (96.4%) இவை பெற்றோர் பண்புச் சேர்க்கைகளாகும் (parental combinations) மற்றவை மாறி இணைந்தவையாகும் (recombinations). இவை நிறமற்ற பருத்த விதையையும், நிறமுள்ள சுருங்கிய விதையையும் கொண்டிருந்தன. இவை குறைந்த எண்ணிக்கையுடையவனவாக இருந்தன. (3.6%) ஆகவே இந்த இரண்டு அல்லீல்களும் (C,.S)96.4 பிணைந்தும் (linked), 3.6% மாறி இணைந்தும் (recombined) அமைந்துள்ளன.

அடுத்து, நிறமுள்ள, சுருங்கிய விதையுள்ள செடியையும் (cCss), நிறமற்ற பருத்த விதையுள்ள செடியையும் (ccSS) இனக்கலப்புச் செய்தார். 1-ஆம் தலைமுறையில் காணப்பட்ட கலப்பினத்தை (CcSs) ஆய்வுச் சேர்க்கை (test cross) செய்த போது கீழ்க்கண்ட நான்கு வகை இளங்கன்றுகள் தோன்றின.

1.	நிறமுள்ள, பருத்த விதையுடையவை	$\frac{CS}{cs}$	=	639
2.	நிறமுள்ள, சுருங்கிய விதையுடையவை	$\frac{Cs}{cs}$	=	21379
3.	நிறமற்ற, பருத்த விதையுடையவை	$\frac{cS}{cs}$	=	21906
4.	நிறமற்ற, சுருங்கிய விதையுடையவை	$\frac{cs}{cs}$	=	672
	மொத்தம்			44595

இந்தப் பரிசோதனையிலும் பெற்றோர் பண்புச் சேர்க்கையே பெருமளவில் இருந்தன. அதனால் பெற்றோரின் பண்புகளும், அவற்றைக் குறிக்கும் அல்லீல்களும் எந்தவிதமாகச் சேர்ந்திருந்தாலும், ஜீன்களின் பிணைப்பானது, ஜீன்களை ஒன்றாகச் சேர்த்துச் செல்லும் தன்மையுடையது. இம்முறை மெண்டலின் தனித்து ஒதுங்கும் கொள்கைக்கு மாறுபட்டதாக உள்ளது.

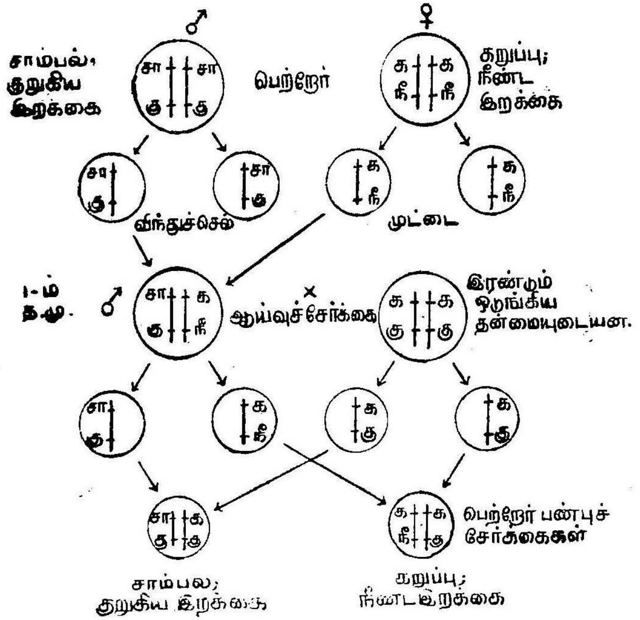
பெரும்பாலானவற்றில், 97% முழுமையான ஜீன் பிணைப்புக்களும் 3% முழுமையற்ற ஜீன் பிணைப்புக்களும் காணப்படுகின்றன (incomplete linkage). இதனால்தான் 3%பண்புகள் மாறி இணைந்து அமைகின்றன. இதற்கு T. H. மார்கன் கொடுத்த விளக்கம் கீழ்வருமாறு.

இனச் செல்கள் குன்றல் பிரிவின் மூலம் (meiosis) முதிர்ச்சி பெறும்போது ஒத்த குரோமோசோம்களிடையே (homologus chromosomes). குறுக்கேற்றம் (cross over) நடைபெறுகின்றது. அச்சமயத்தில் ஒத்த குரோமோசோம்களின் ஒரு பகுதி, மற்றொன்றுடன் பரிமாற்றம் செய்யப்படுகின்றது. எடுத்துக்காட்டாக C,S ஆகிய ஜீன்கள் கொண்ட குரோமோசோமுக்கும், C,S ஆகிய ஜீன்கள் கொண்ட குரோமோசோமுக்கும் இடையே குறுக்கேற்றம் ஏற்பட்டிருக்கின்றது. இதுவே பண்புகள் மாறி இணைந்து (recombination) காணப்படுவதற்கும் காரணமாகும். ஆக 3% குறுக்கெதிர் மாற்றம் உள்ளவை; 97% குறுக்கெதிர் மாற்றம் அற்றவை (non-cross over).

ஆனால் இவ்வகையான குறுக்கெதிர் மாற்றம் ஆண் பழப் பூச்சியில் காணப்படுவதில்லை. ஆகவே இவற்றில் ஜீன் பிணைப்பு முழுமையாக (complete linkage) காணப்படுகின்றது. பெண் பழப் பூச்சியில் குறுக்கெதிர் மாற்றமுண்டு. இதனைக் கீழ்க் கண்ட சோதனையின் மூலம் விளக்கலாம்.

ஆண் பழப் பூச்சியில் காணப்படும் முழுமையான ஜீன் பிணைப்பு

ஓங்கிய பண்பான சாம்பல் நிறமுடைய உடலும் (grey body - B) ஒடுங்கிய பண்பான குறுகிய இறக்கைகளுமுடைய (vestigeal wing - V) ஆண் பழப் பூச்சியையும், ஒடுங்கிய பண்பான கறுப்பு நிறமுடைய உடலும் (black body - b) ஓங்கிய பண்பான நீண்ட இறக்கைகளுடைய (long wing-L) பெண் பழப் பூச்சியையும் மார்கன் இனக் கலப்புச் செய்தார். 1-ஆம் தலைமுறையில் காணப்பட்ட ஆண் கலப்பினங்களை (BbVv), இரு பண்புகளும் ஒடுங்கியுள்ள பெண் பழப் பூச்சிகளுடன் (bbvv) ஆய்வுச் சேர்க்கை (test cross) செய்தார். அப்போது இருவகையான வழித்தோன்றிகளே தோன்றின (progeny = Bbvv, bbVv). இவை இரண்டும் முழுமையான ஜீன் பிணைப்பின் (complete linkage) காரணத்தால் பெற்றோர் பண்புகளையே பெற்றிருந்தன. வேறுவிதமாகக் கூற வேண்டுமென்றால் ஆண் பழப் பூச்சிகள் கலப்பினமாயிருந்தால் மாறி இணைதல் முறை இருக்காது. ஆகவே எல்லாப்பூச்சிகளும் பெற்றோர் பண்புச் சேர்க்கைகளாகவே (parental combination) இருக்கும்.

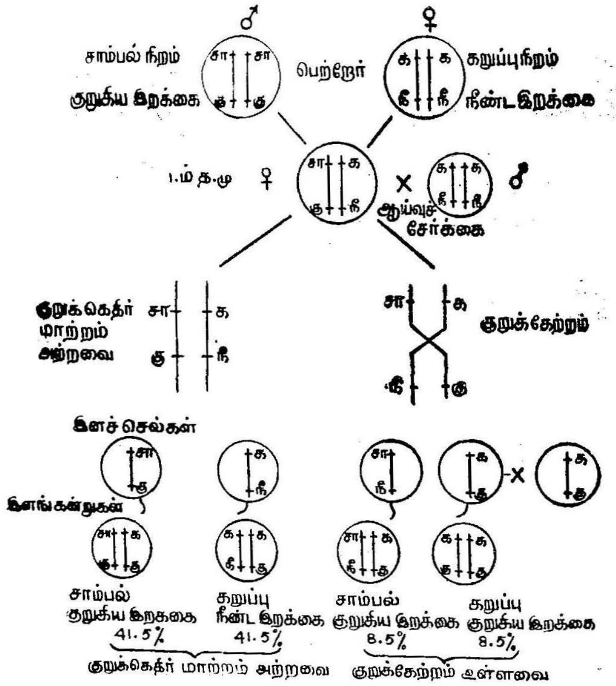


படம் 75.

டுரோசோஃபைலாவில் முழுமையான ஜீன் பிணைப்பு.

பெண் பழப் பூச்சியில் ஜீன் இணைப்பு

அடுத்து, மேற்கூறிய சோதனையில், 1-ஆம் தலைமுறைக் கலப்பினத்தில் (BbVv) தோன்றுகின்ற பெண் பூச்சிகளை, இருபண்புகளும் ஒடுங்கிய ஆண் பழப் பூச்சிகளுடன் (bbvv) ஆய்வுச் சேர்க்கை செய்தார். இதில் கிடைத்த வழித்தோன்றிகள் நான்கு வகைகளாகக் காணப்பட்டன. இரண்டு வகைகள் பெற்றோரைப்போலவும், மற்றிரண்டு வகைகள் பெற்றோருக்கு முற்றும் மாறாகவும் இருந்தன (படம் 76). பெற்றோரைப் போலுள்ளவை ஜீன் பிணைப்பு முழுமையற்று, குறுக்கெதிர் மாற்றமடைந்து, மாறி இணைந்தவையாகும். ஆனால் பெற்றோர் பண்புச் சேர்க்கைகள் அதிகமாவும், மாறி இணைந்த சேர்க்கைகள் குறைவாகவும் தோன்றின. அதாவது எல்லாத் தாய் இனச்செல்லிலும் (oocyte) மாறி இணைதல் முறை காணப்படுவதில்லை. ஒரு சிலவற்றில்தான் காணப்படுகின்றது.



படம் 76.

டுரோசோஃபைலாவில் ஜீன் பிணைப்பும் குறுக்கெதிர் மாற்றமும்.

குரோமோசோம் வரைபடம் வரைதல்

(Mapping of Chromosome)

இவ்விதமாக ஆய்வுச்சேர்க்கை முறை (test cross) மூலம் ஜீன்களின் பிணைப்புக்களைப்பற்றியும், குறுக்கெதிர்மாற்றங்களைப் பற்றியும் அநேகத் தகவல்கள் கிடைத்துள்ளன. இவற்றைக் கொண்டு, குரோமோசோமின் நேர்க்கோட்டில் அமைந்துள்ள ஜீன்களைப்பற்றியும், அவற்றின் நிலையிடத்தைப் (locus) பற்றியும் தெளிவாக அறிய முடியும். மேலும். இனச் செல்களில் குறுக்கெதிர் மாற்றங்கள் எத்தனை சதவீதத்தில் அல்லது எத்தனை விகிதத்தில் நடைபெறுகின்றன என்றும் அறியமுடியும். மாறி

இணைந்த வகைகளின் சதவீத எண்ணைக் குறுக்கெதிர் மாற்ற நிகழ் வெண் (cross over frequency) எனக்கூறுவர். அதாவது (மாறி இணைந்தவகை எண்ணிக்கை மொத்த இளங்கன்றுகள் இந்தச் சதவீதம் ஒரு ஜீனுக்கும், மற்றொரு ஜீனுக்குமுள்ள தூரத்தைக் குறிக்கும். ஜீன்களுக்குள்ள தூரம் குறையக் குறையச் சதவீதம் குறையும்.

இப்படியாக, மூன்று ஜீன்களைக்கொண்டு ஆய்வுச் சேர்க்கை செய்து (3 point test cross) எ. எச். ஸ்டர்டிவாண்ட் (A. H. Sturtevant) என்பவர் குரோமோசோம் வரைபடம் வரையும் முறையை விளக்கினார். பழப்பூச்சிக்கும், சோளத்திற்கும் இம் மாதிரியான படங்கள் முழுமையாக வரையப் பட்டிருக்கின்றன. இதில் முக்கியப் பங்கெடுத்தவர்கள் சி. பி. பிரிட்ஜஸும் (C. P. Bridges), கே. ஏ. எமர்சனும் (K. A. Emerson) ஆவர்.

குரோமோசோம் வரைபடம் வரையும் முறை

a, b, c என்ற 3 ஜீன்கள் வரிசையாக ஒரு குரோமோசோமில் அமைந்திருக்கின்றன என்றும், குறுக்கேற்ற நிகழ்வெண்கள் (C. O. frequency) ஜீன்களுக்கிடையே உளள தூரத்தைக் குறிக்கின்றனவென்றும் வைத்துக்கொள்வோம்.

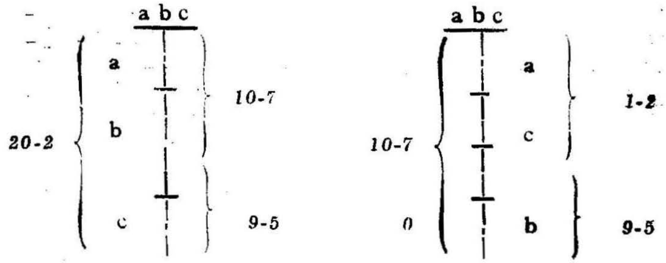
+++/abc என்ற ஒரு கலப்பினத்தை ஆய்வுச்சேர்க்கை செய்தால் கீழ்க்கண்ட தோற்றவழி அமைப்புக்கள் (phenotypes) ஏற்படக்கூடும்.

இவற்றில் குறுக்கேற்ற மற்றவையின் நிகழ்வெண் அதிகமாகியும், இரட்டைக் குறுக்கேற்ற முள்ளவையின் நிகழ்வெண் எல்லாவற்றிலும் குறைந்தும் காணப்படும். ஒற்றைக் குறுக்கேற்றங்களின் நிகழ்வெண் a, b-க்கும், b, c-க்கும் மிடையே உள்ள தூரத்தைப் பொறுத்து இருக்கும்.

எடுத்துக்காட்டாக, கீழ்க்கண்ட எண்ணிக்கைகள் தோன்றுவதாகக் கொள்வோம் :

1.	குறுக்கேற்ற மற்றவை	=	1539
2.	a, b-க்கு இடையில் ஒற்றைக் குறுக் கேற்ற முள்ளவை	=	204
3.	b, c-க்கு இடையில் ஒற்றைக் குறுக் கேற்ற முள்ளவை	=	180
4.	a, b-க்கும், b, c-க்கும் இடையில் இரட்டைக் குறுக்கேற்ற முள்ளவை	=	3
	மொத்தம்	=	1926

குறுக்கேற்ற நிகழ்வெண்களைக் கவனிக்கும்போது குறிப்பிட்ட இடத்தில் (ஒற்றைக் குறுக்கேற்றத்திலோ, இரட்டைக் குறுக் கேற்றத்திலோ) ஏற்பட்டிருக்கும் எல்லாக் குறுக்கேற்றங்களையும் எடுத்துக்கொள்ளல் வேண்டும். ஆகவே a-க்கும் b-க்குமிடையே காணப்படும் குறுக்கேற்றங்களின் எண்ணிக்கை $(204+3)=207$· மொத்தத்தில் 207/1926 அதாவது 10.7%. அதுபோல b-க்கும், c-க்கும் இடையே காணப்படும் குறுக்கேற்றங்களின் எண்ணிக்கை 183 (180+3). மொத்தத்தில் 183/1926 = 9.5% ஆகவே,



a-க்கும் b-க்குமுள்ள தூரம்	10.7 யூனிட்டுக்கள்
b-க்கும் c-க்குமுள்ள தூரம்	9.5 யூனிட்டுக்கள்
a-க்கும் c-க்குமுள்ள தூரம்	20.2 யூனிட்டுக்கள்

அதாவது r $10.7+9.5 = 20.2$ (abc)

$10.7-9.5 = 1.2$ (acb)

இவற்றைக் கொண்டு வரைந்த படம் இவ்விதமாகப் பல சோதனைகள் மூலம் ஜீன்களின் நிலையை (locus) குரோமோசோமில் குறிக்கலாம். ஒவ்வொரு ஜீனின் லோகஸும் ஒரு எண்ணால் குறிக்கப்படுகின்றது. இது எந்த எண்ணாலும், குறுக்கெதிர் மாற்றங்களின் கூட்டுத்தொகையைக் கொண்டும் கணக்கிடப் பட்டதாகும் (மரபியல் வரைபடத்தையும், செல்லியல் வரைப் படத்தையும் ஒப்பிடுக).

தோற்றவழி அமைப்பில் (phenotype) காணக்கூடிய மியூட்டண்ட் ஜீன்களுக்குடைய (motart genes) குரோமோசோம் பகுதிகளுக்குத்தான் இவ்வாறு வரைபடம் வரைய முடியும். மேலும் பொதுவாக இரு ஜீன்களுக்குமிடையே உள்ள தூரம் குறைவாக இருந்தால் மிகவும் நுட்பமாக ஜீன்களின் லோகஸைக் கணிக்கலாம். ஏனென்றால் தூரம் அதிகமாக இருந்தால் இரட்டைக்

குறுக்கேற்றம் நிகழக்கூடும். அதனால் நிகழ்வெண் மிகவும் குறையும். ஆகவே ஒன்றுக்கொன்று சமீபத்திலிருக்கும் ஜீன்களைக் கொண்டு வரைவது நல்லதாகும்.

குரோமோசோம் வரைபடம்
(Chromosome Map)

குரோமோசோம் வரைப்படம் என்பது ஒரு கோட்டில் ஜீன்கள் வரிசையாக அமைவதைக் காட்டுவதே. இதில் ஜீன்கள், குறுக்கெதிர் மாற்றத்தின் விகித தூரத்திற்கு ஏற்றாற்போல் காணப் படும். ஜீன்களுக்கிடையே உள்ள குறுக்கெதிர்மாற்றத்தின் சத வீதத்தை அடிப்படையாகக்கொண்டு வரையப்படுவதால், இதை குறுக்கெதிர் மாற்ற வரைப்படம் (cross over map) என்றும் கூறுவதுண்டு. குரோமோசோம் வரைப்படம், இரு ஊகங்களை அடிப்படையாகக் கொண்டது (1) ஜீன்கள் ஒரு கோட்டில் அமைந்துள்ளன. (2) இரு ஜீன்களுக்கும் இடையே நிகழ்ந்த குறுக்கெதிர் மாற்றத்தின் சதவீதம் இரண்டிற்கும் இடையே விலகி உள்ள தூரத்தின் குறிப்பாகும் (index). அதாவது இரு குறியீட்டிற்கும் இடைவெளித்தூரம் அவைகள் காட்டும் மறு சேர்க்கையின் எண்ணிக்கைக்குத் தொடர்புடையது என்று பொருள். 1911-ல் முதல் இரு குரோமோசோம் வளரப் படங்களை ஸ்டர்டிவாண்ட் (Sturtevant) வரைந்தார், பிறகு பிரிட்ஜஸ் (Bridges) போன்றவர்கள் வரைந்தனர். டுரோசோஃபைலாதான் ஆரம்பகாலத்தில் இவ்வரைப்படத்திற்குப் பயன்பட்டது.

வரைபடம் வரையும் முறை

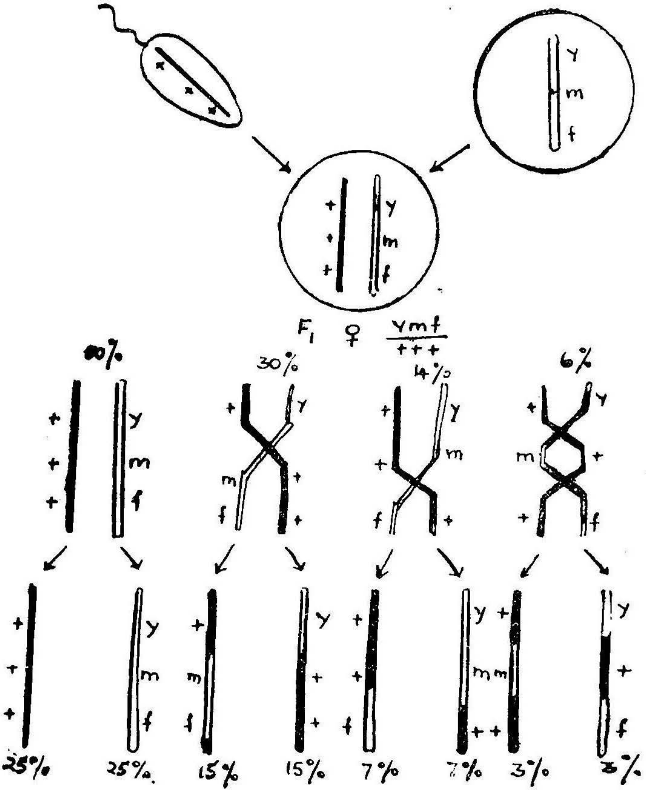
இரட்டைக்குறுக்கெதிர் மாற்றமுள்ள (double cross over) டுரோசோஃபைலாவை எடுத்துக்காட்டாகக் கொள்வோம். இதில் மஞ்சள் (உடல்), நுண் (இறகு), கவை (முள் மயிர்) (yellow, miniature, forked) ஆகிய மூன்றும் X குரோமோசோமின் ஒடுங்கிய அல்லீல்களாகும். முறையான (normal) அமைப்புள்ள பூச்சிக்கு சாம்பல் நிறவல் (gray body), நீண்ட இறகு (long wings), நேரான முள் மயிர் (straight bristle) இருக்கின்றன. இதில் வரும் மியூட்டண்ட் வகைகளை y, m, f என்றும் முறையான அல்லீல்களை + அடையாளத்திலும் கையாள்வோம். பெண் பூச்சி (XX) $\frac{ymf}{ymf}$ மஞ்சள், நுண், கவை குணங்களுடையதாகவும், ஆண் பூச்சி $\frac{ymf}{\;\cdot\;\cdot\;\cdot\;}$ ஆகவும் இருக்கின்றன. ஆண் பூச்சியின் Y குரோமோ

சோம் எவ்வித குணங்களையும் எடுத்துச் செல்லாது ஆனால் சாதாரண சாம்பல், நீள, நேர் குணங்களுடைய பெண் பூச்சியை $\frac{+++}{+++}$ என்றும் ஆணை $\frac{+++}{\cdot\ \cdot\ \cdot}$ என்றும் குறிப்பிடுவோம். மஞ்சள், நுண், கவை கொண்ட பெண்ணுடன் சாம்பல், நீளம், நேர் என்ற ஆணைக் கலவி செய்தால் $\left(\frac{ymf}{ymf}\frac{\odot}{+} \times \frac{+++}{\cdot\ \cdot\ \cdot}\frac{\uparrow}{\odot}\right)$ முதலாம் தலைமுறையில் (F_1) $\frac{ymf}{+++}$ மரபியற் தோற்றமுடைய பெண் உண்டாகிறது. குன்றல் பிரிவின் போது, குரோமோசோம்கள் நான்கு வழிகளில் படத்தில் காட்டியபடி இணைகின்றன. ஒவ்வொரு இணையும் இருவகை முட்டைகளை உண்டாக்குகின்றன. முதலாம், இரண்டாம் வகைகள் குறுக்கெதிர் மாற்றம் நிகழாதன (+++, y,m,f); மூன்றும், நான்காம் வகைகள் y-க்கும், m-க்கும் இடையே ஒற்றைக் குறுக்கேற்றம் ஏற்பட்டனவை. (+mf, y++); ஐந்தாம் ஆறும் வகைகள் (++f, ym+) m-க்கும் f-க்கும் இடையே ஒற்றைக்குறுக்கேற்றம் ஏற்பட்டனவை; ஏழாம் எட்டாம் வகைகள் (+m+, y+f) y-க்கும் f-க்கும் இடையே இரட்டை குறுக்கேற்றம் ஏற்பட்டனவை. ஒவ்வொரு வகையின் தோராய சதவீதமும் கீழேதரப்பட்டிருக்கிறது (படம் 77).

ஹைபிரிட் பெண் பூச்சியுடன் மஞ்சள், நுண், கவை ஆணைக் கலவி செய்தால், $\left(\frac{ymf}{+++}\frac{\odot}{+} \times \frac{ymf}{\cdot\ ,\ \cdot}\frac{\uparrow}{\odot}\right)$. ஆணின் y m f ஜீனுடைய X குரோமோசோமை ஒவ்வொரு முட்டை செல்லுடன் சேர்க்கவேண்டும். Y-ல் ஜீன்கள் இல்லை. இது ஒவ்வொன்றுடன் சேர்ந்தால், ஆண் பெண் மரபுக் கொழுந்துகள் (offspring) 1-ம் தலைமுறையில் உண்டானது போல். ஒரே விகிதத்தில் உண்டாகின்றன. நடைமுறையில் சோதனைக் கலவியில் (test cross) மரபுக்கொழுந்துகள் உண்டாகியபின் அவைகள்தான் முட்டைகள் எந்த சதவீதத்தில் உண்டாயின என்று கூறவேண்டும்.

ymf களுக்கு இடையே உள்ள தூரத்தை கணக்கிடவேண்டும். கவைக்குரிய லோகஸை தற்சமயம் ஒதுக்கிவைத்து கணக்கிட்டால், y-க்கும் m-க்கும் இடையே உள்ள குறுக்கேற்றத்தின் முடிவாக நிகழும் மறுசேர்க்கைகள் +mம் y+ம் ஆகும். மேற்கூறிய படத்தில் இச்சேர்க்கைகளை 3ஆம், 4ஆம் வகைகளிலும் (y—m பகுதியில் ஒற்றைகுறுக்கேற்றம்) 7ஆம், 8ஆம் வகைகளிலும் (y – fக்கு இடைப்பகுதிகளில் (இரட்டை குறுக்கேற்றம்) காணப்

படுகின்றன, 3ஆம், 4ஆம் வகைகளில் மொத்தத்தில் $15+15=30\%$ம், 7ஆம், 8ஆம் வகைகளில் மொத்தத்தில் $3+3=6\%$ம் இருக்கின்றன. மொத்தத்தில், yக்கும், mக்கும்



படம் 77.

டுரோசோஃபைலாவில் ஜீன் பிணைப்பும் குறுக்கெதிர் மாற்றமும்.

இடையே $30+6=36\%$ குறுக்கேற்றமடைந்துள்ளன. அதனால் yக்கும், mக்கும் இடையே உள்ள தூரம் 36 ஆகும். mக்கும், fக்கும் அவ்வாறே கணக்கிடவேண்டும். ஆகவே mக்கும் fக்கும் இடையே உள்ள குறுக்கேற்றங்கள் +fம், m+ம் ஆகும். இவை

களின் சேர்க்கை 5ஆம், 6ஆம் வகைகளில் (m – f க்கு இடையே உள்ள ஒற்றைக் குறுக்கேற்றம்), 7ஆம், 8ஆம் வகைகளில் (இரட்டைக் குறுக்கேற்றங்கள்) ஆகும். 5ஆம், 6ஆம் வகைகளில் மொத்தத்தில் 7 + 7 = 14%ம். 7ஆம், 8ஆம் மொத்தத்தில் 3 + 3 = 6% ஆகிறது. ஆகவே, mக்கும், fக்கும் இடையே ஏற்பட்ட குறுக்கேற்றங்களின் மொத்தம் 14 + 6 = 20%. இதனால் mக்கும் fக்கும் உள்ள தூரம் 20 ஆகிறது. ymf என்ற இம்மூன்று ஜீன்கள் ஒரே வரிசையில் இருப்பதனாலும், yக்கும் mக்கும், mக்கும் fக்கும் இடையில் உள்ளதூரம் முறையே 36, 20 இருப்பதினாலும் yக்கும் fக்கும் இடையிலுள்ள மொத்ததூரம் 36 + 20 = 56.

இரட்டைக் குறுக்கேற்றங்களில் (7ஆம், 8ஆம் வகைகள்) இடைவெளிக் கணக்கிட இருதரம் கூட்டுவதில் சிறு குழப்ப மேற்படும். இரட்டைக்குறுக்கேற்றம் என்பது இரு ஒற்றைக் குறுக்கேற்றத்திற்குச் சமம் என்பதை நினைவிலிருத்திக் கொள்ள வேண்டும். அதாவது yக்கும், fக்கும் இடையிலுள்ள மொத்த எண்ணிக்கையை இரு மடங்காக்கி கணக்கிடவேண்டும்.

y லோகஸையும் f லோகஸையும் மட்டும் எடுத்துக் கொண்டால் ++ம் yf தான் இரட்டைக் குறுக்கேற்றங் களாகின்றன. அவ்வாறே குறுக்கேற்ற மற்றவைகளும் ஆகும் (non-cross over) $\frac{yf}{+++}$ அமைப்பு கொண்ட ஒரு பெண் பூச்சி யுடன் yக்கும் fக்கும் இடையே உள்ள இரு குறுகிய தூரங்களைக் கூட்டி உண்மையாகக் கணக்கிடுவது. வெளிப்படையான முறை யில் நேரடியாக yக்கும் fக்கும் உள்ள மறு சேர்க்கை சதவீதத்தைக் கொண்டு கணக்கிடுவதைவிட தெளிவானதொன்று தெரிகிறது.

ஒரு குரோமோசோமில் ஜீன்களின் வரிசையை நிர்ணயித்தல்

ymf களின் தூரங்களைக் கணக்கிடுவதில் மூன்று லோகஸ்களில் ஹைபிரிடாக உள்ள $\frac{ymf}{+++}$ போன்ற பெண் பூச்சியைப் பயன் படுத்த வேண்டுமென்றில்லை. ஒரு $\frac{ym}{++}$ பெண்ணைப் பயன்படுத்தி னாலே, yக்கும் mக்கும் இடையே உள்ள தூரத்தையும், தெளிவு படுத்தும். இவ்விரண்டிலும் சோதனை கலவி மூலம் மரபுக் கொழுந்துகளைக் கணக்கிட்டு, குறுக்கெதிர் மாற்றங்களின் சத

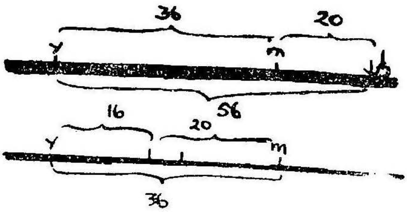
வீதத்தைக் கணக்கிடவேண்டும். இவைகளிலிருந்து yக்கும் mக்கும் 36 யூனிட்டுகள் (units apart) என்றும் mக்கும் fக்கும் 20 யூனிட்டுகள் என்றும் தெரியும். (36, 20 என்பவைகள் முறையே இரு லோகஸ்களுக்கும் இடையே ஏற்பட்ட குறுக்கெதிர் மாற்றங்களின் சதவீதம்), ஜீன்களின் வரிசை ymf என்றால், yக்கும் fக்கும் இடையே உள்ள தூரம், ymக்கும் mfக்கும், உள்ள தூரத்தின் கூட்டுத் தொகையே ஆகும். அதாவது 36 + 20 அல்லது 56 ஆகும். இன்னும் இந்த ஜீன்களின் வரிசை நமக்குத் தெரியவில்லை. f ஆனது mக்கு இடது பக்கத்திலிருப்பதாக மட்டும் (வலது பக்கத்திற்குப் பதிலாக) நமக்குத் தெரியும். இந்நிலையில் yfக்கும் இடையே உள்ள தூரம் 36—20 = 16 (56க்கு பதிலாக) முடியக்கூடிய (possible) இவ்விரு வரிசைகளிலிருந்தும் yம்fம் உள்ள $\left(\frac{y\ f}{+\ +}\right)$ ஒரு பெண் ஹைபிரிடைப் பெற வேண்டும். yக்கும் fக்கும் இடையே உள்ள மறுசேர்க்கையின் அளவை நிர்ணயிக்கவும் இது பயன்படுகிறது. இம்மாதிரி அமைப்பு கொண்ட பெண் பூச்சியிலிருந்து, yக்கும் fக்கும் இடைய 44.1 தான் மறுசேர்க்கை என்று கண்டு கொள்ள வேண்டும். இதுவே yக்கும் fக்கும் இடையே நிகழ்ந்த ஒற்றைக் குறுக்கேற்றத்தைக் குறிக்கிறது. இது (66ஐவிட) 56க்கு அருகில் இருக்கிறது. இரட்டை குறுக்கெதிர் மாற்றங்களை இத்துடன் சேர்த்ததினால் 56க்குச் சமமாகாது. ஆனால் கிட்டத்தட்ட 56க்கு சமமாகும். 44ம் 56னுள் அடங்குவதால் ஜீன்களின் வரிசை ymf ஆகும்.

இம்மூன்று லோகஸ்களையும் (loci) கொண்ட பெண் ஹைபிரிடைச் சோதனைக் கலவி செய்தால், $\left(\frac{ymf}{+++}\right)$, yக்கும் mக்கும் fக்கும், yக்கும் fக்கும் உள்ள தூரங்கள் கிடைத்திருக்கும். இதனால் அந்த ஜீன்களின் வரிசையும் தெரிந்திருக்கும். இம்மாதிரியான அமைப்புக் கொண்ட பூச்சி இயற்கையில் கிடைப்பதரிது. அதனால் பொதுவாகக் குறிப்பிட வேண்டுமென்றால் a, b, c என்ற மூன்று ஜீன்களின் வரிசையைக் கணக்கிட, aக்கும் bக்கும், cக்கும் aக்கும் cக்கும் இடையே உள்ள தூரங்களைப் பெறவேண்டும்.

இரு தூரங்களைக் கொண்டு மூன்று ஜீன்களின் இடத்தைக் குறித்தல்

ymf ஜீன்களின் வரைப்படத்துடன் மேலும் சில ஜீன்களைச் சேர்க்கவேண்டுமென்றால், உதாரணமாக X குரோமோசோமி

லுள்ள car-கண் நிற ஜீன் (carnation eye) முதலில், fம் carம் சேர்ந்த ஒரு ஹைபிரிட் பெண் பூச்சியை $\left(\frac{f\ car}{+\ +}\right)$ சோதனை கலவி செய்ய வேண்டும். அதில் fக்கும் carக்கும் 6% குறுக்கெதிர்

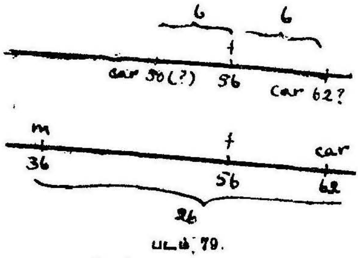


படம் 78.

குரோமோசோம் வரைப்படம்.

மாற்றமிருந்தால் அவ்விரண்டிற்கும் இடையே உள்ள தூரம் 6 என்று பொருள். f ஜீன் 56ல் இருப்பதால் இந்த car 62 அல்லது 50ல் இருக்க வேண்டும் (இடது அல்லது வலது பக்கத்தில்) இவ்விரண்டிலும், எது என்று காண, car ஜீனுக்கும், m ஜீனுக்கும் இடையே உள்ள தூரத்தைக் கணக்கிட வேண்டும். car 62ல் இருப்பதால், mலிருந்து தூரம் 62—36=26 ஆகும்; 50ல் இருந்தால், mலிருந்து 50—36=14. உண்மையாக mலிருந்து car, 26 யூனிட்டுகளில், அதனால் அது 62ல் இருக்கிறது. ஆகவே மற்றொரு ஜீனைக்குறிக்க அவ்வரைப்படத்தின் மற்ற இரு ஜீன்களின் தூரங்களைக் கொண்டுதான் வரையமுடியும்.

புதிய ஜீனை குரோமோசோம் வரைபடத்தில் சேர்த்தல்



படம் 79.

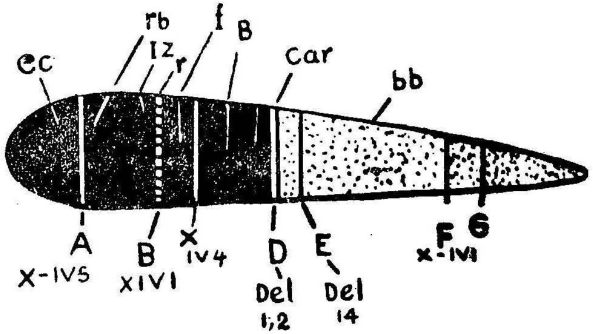
குரோமோசோம் வரைபடம்.

சைட்டோஜெனிட்டிக் வரைபடம் (Cytogenetics Map)

ஒரு குரோமோசோம் வரைப்படத்திலிருந்து, ஜீன்களின் ஒப்பீட்டுத் தூரங்களை அறியலாம். அதிலிருந்து ஜீனின் உண்மையான இடத்தைக் காணமுடியாது. ஏனெனில், குறுக்கெதிர் மாற்றங்களின் சதவீதத்தின் அடிப்படையிலிருந்து வரையப்பட்டது; நேரடியாக நுண்ணோக்கியின் மூலம் பார்த்து வரையப்பட்டால் அது ஒரு குறுக்கெதிர் மாற்ற வரைப் படம் (cross over map) ஆகும். ஜீனின் உண்மையான இடத்தை நிர்ணயிக்க வேறு பல முறைகள் இருக்கின்றன. உதாரணமாக, குரோமோசோமின் ஒரு செக்மெண்ட்டை "X" கதிர் மூலம் பிரிக்க வேண்டும். மரபியல் சோதனைப்படி எந்த ஜீன்கள் பிரிக்கப்பட்டுள்ளன என்று கண்டுபிடிக்க வேண்டும். பிறகு குரோமோசோமை நுண்ணோக்கி மூலம் பார்த்து எந்த பகுதி அல்லது செக்மெண்ட் (segment) பிரிக்கப்பட்டுள்ளது என்று ஆராய வேண்டும். சில ஜீன்களுக்கு சரியாக சில செக்மெண்டுகள் காணப்படும். அதைக் கொண்டு அந்த குரோமோசோமிலுள்ள ஜீன்களின் இருப்பிடத்தைக் குறிக்கலாம். இவ்வாறு நேரடியாக நுண்ணோக்கி மூலம் பார்த்தும் மரபியல் சோதனைகள் செய்தும் இவ்வரைப்படம் வரைய முடியும். இவ்விருமுறைகளினாலும் ஜீன்களின் இருப்பிடத்தைக் குறிப்பதற்கு சைட்டோஜெனிட்டிக் வரைப்படம் என்று பெயர்.

மெட்டாபேஸ் குரோமோசோம்

செல் பிரிவின் மெட்டாபேஸ் நிலையில்தான் குரோமோசோம்கள் தெளிவாகத் தெரியும். கோல் (rod) போன்ற அமைப்புடைய குரோமோசோமை முல்லரும் அவர் உடன் பணியாளர்



படம் 80.
குரோமோசோமின் சைட்டோஜெனிட்டிக் சார்ட்.

களும் முதன் முதலில் வரைந்தனர்(படம் 80). டுரோசோஃபைலாவின் X குரோமோசோமின் சைட்டோஜெனிட்டிக் வரைப் படத்தை முல்லரும் பெயிண்டரும் (Muller and Painter) வரைந்தனர். கடுமையாக்கப்பட்ட பகுதியில் பால் இணைந்த ஜீன்கள் இருக்கின்றன (44 தவிர). புள்ளி வைத்த இடம் (bb)=bold bristles). பரப்பு மயிர் முன் பகுதியாகும்; இதில் ஜீன்கள் இல்லை (inert). ABCD என்ற இடங்கள் உடைக்கப்பட்டதைக் குறிக்கிறது. Xன் A இடம் உடைக்கப்பட்டு 4வது குரோமோசோமுடன் சேர்க்கப்பட்டதாக வைத்துக் கொள்வோம். இச்சேர்க்கை அந்த குரோமோசோமை பெரிதாகக் காட்டும். இந்த 4ம் குரோமோசோம் வெறும் புள்ளி போன்றிருக்கும். இம்மாதிரியே மற்ற இடங்களில் உடைத்து ஆராயப்பட்டது. முடிவில் மொத்த அகலம் 66 என்று கண்டுபிடித்தனர். குரோமோசோம் வரை படத்தில் f வரை 56 யூனிட்டுகள் இருந்தன. புள்ளி வைத்த பகுதியில் (bb) ஜீன் தவிர மற்றபடி வெறுமையானதே. இப் பகுதியில் ஹெட்டிரோகுரோமேட்டின் தான் இருக்கிறது.

குறுக்கிடுதலும் பொருந்துதலும்
(Inteference and Coincidence)

சில நீண்ட குரோமோசோம்களில், ஒரு செல்பிரிவு நிகழ்ச்சியில் (cell division cycle) 10 குறுக்கேற்றங்கள் (cross over) நடைபெறக் கூடும். குறுக்கேற்றங்கள் தற்செயலாக (chance) நிகழ்ந்தாலும், நியதியற்ற முறையில் நடைபெறுவதில்லை. அடுத்தடுத்த பகுதிகளில் ஏற்படக்கூடிய இரண்டு குறுக்கேற்றங்கள் நிகழ்வுத் தகவு விதிப்படி (Law of Probability) அடுத்தடுத்த பகுதிகளில் குறுக்கேற்றம் நிகழக்கூடிய எண்ணிக்கையானது இவ்விரண்டு பகுதிகளிலும் தனித்தனியாகக் குறுக்கேற்றம் நடைபெறக்கூடிய எண்ணிக்கைகளின் பெருக்குத் தொகையாக இருத்தல் வேண்டும். எடுத்துக்காட்டாக, a எனப்படும் ஜீன் 1.5-லும், b என்ற ஜீன் 13.7-லும் இருப்பதாகக் கொள்வோம். அதாவது இவை இரண்டும் சுமார் 12.2 யூனிட்டுக்கள் தூரத்தில் இருக்கின்றன. c என்ற ஜீன் b-யிலிருந்து 13.8 யூனிட்டுக்கள் தூரத்தில் இருக்கிறது என்று எடுத்துக் கொள்வோம். a-க்கும் b-க்குமிடையே எதிர்பார்க்கக்கூடிய குறுக்கேற்றம் $0.122 \times 0.138 = 0.0168$ அதாவது 1.68%

ஆனால் எச். ஜே. முல்லர் (H. J. Mullar 1916) செய்த சோதனையில் எதிர்பார்த்த அளவுக்குக் குறைந்தே குறுக்கேற்றங்கள் காணப்பட்டன. இதிலிருந்து தெளிவாகத் தெரிவது

யாதெனில் ஓர் இடத்தில் ஏற்படும் குறுக்கேற்றமானது, அதற்குச் சமீபமான இடங்களில் குறுக்கேற்றம் நடைபெறாமல் ஒடுக்கு கின்றது. இதற்குக் குறுக்கிடுதல் (interference) என்று பெயர். முல்லர் என்பவர் பழப்பூச்சிகளிலும், சோளத்திலும் செய்யப்பட்ட சோதனைகளில் கிடைத்த விளைவுகளை ஆதாரமாகக் கொண்டு, குறுக்கிடுதலை ஒருவிதமாகக் கணக்கிட்டார். அதன்படி நடைபெற்ற இரட்டைக் குறுக்கேற்றங்கள் (actual double cross over) எதிர்பார்த்த இரட்டைக் குறுக்கேற்றங்கள் (expected double cross over) என்ற விகிதம் கணித முறைப்படி, குறுக்கிடுதல் முறையைக் குறிக்கிறது. இவ்வாறு கணித முறைப்படி குறுக்கிடுதலைக் குறிக்கும் எண்தான் பொருந்துதல் (coincidence). முழுமையான குறுக்கிடுதலின் (complete interference) பொருந்துதல் எண் 0 ஆகும். குறுக்கிடுதல் இல்லாமல் இருந்தால் (coincidence) பொருந்துதல் எண் 1 ஆக இருக்கும்.

மேற்கூறியுள்ள எடுத்துக்காட்டையே உதாரணமாகக் கொள்வோம்.

நிகழ்ச்சித்தகவு விதிப்படி (Law of Probability) $0.17 \times 0.095 = 0.0102$ அல்லது சுமார் 1% இரட்டைக் குறுக்கேற்றம் நடைபெற்றிருக்க வேண்டும். ஆனால் உண்மையாக நடைபெற்றதோ $3/19.26$ அல்லது 0.0016, அப்படியானால் பொருந்துதல் எண் (coincidence) $0.0016 / 0.0102 = 0.16$. ஆகவே எதிர்பார்த்த குறுக்கேற்றங்களில் 16% குறுக்கேற்றங்கள் தாம் கிடைத்தன. அதாவது 84% குறுக்கிடுதல் (interference) உள்ளன. ஜீன்கள் ஒன்றுக்கொன்று தூரத்தில் அமைந்திருந்தால் குறுக்கிடுதல் குறையும்.

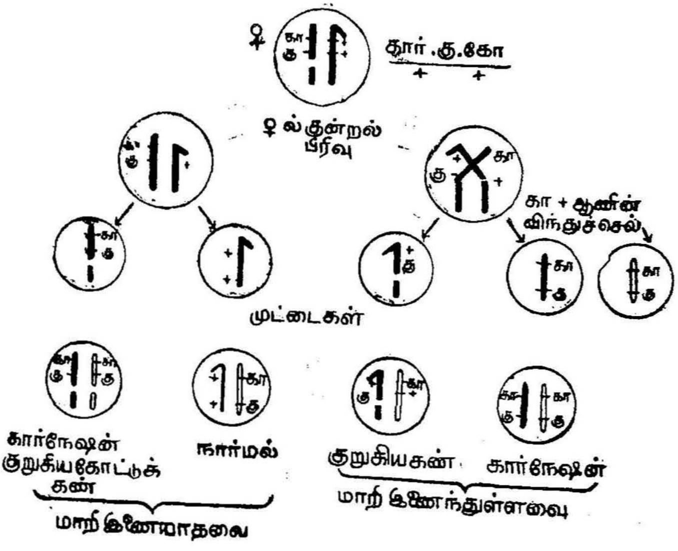
செல் கூற்றின் அடிப்படை

1910 ஆம், வருடத்தில், மரபியல் வழிகளில் காணப்படும் ஜீன் பிணைப்பு, குறுக்கெதிர் மாற்றம் ஆகியவை பற்றிச் சிறப்பாகவும் திட்டவட்டமாகவும் விளக்கப்பட்ட போதிலும் செல்கூற்றின் அடிப்படையில் தெளிவாக விவரிக்க இயலவில்லை. ஏனென்றால் ஒத்த குரோமோசோம்கள் (homologus chromosomes) நுண்ணோக்கியின் கீழ் வேறுபாடின்றி ஒரே மாதிரியாகவே தோன்றின. ஆகவே குரோமோசோம்களில் குறுக்கேற்றம் நடைபெற்றிருக்கின்றதா இல்லையா என்று அறிய முடியவில்லை. 1931ல் சி. ஸ்டர்ன் (C. Stern) என்பவர் பழப் பூச்சியிலும் எச். பி. கிரைட்டன் (H. B. Crighten), பி. மெக்கிளின்டாக் (B. Meclintock) என்ப

வர்கள் சோளத்திலும் செய்த சோதனைகளின் மூலம் குறுக் கேற்றத்தின் தன்மையைச் செல் கூற்றின் அடிப்படையில் விளக் கினர்.

ஸ்டர்னின் செல்லியல் செயல் முறை விளக்கம்
(Cytological Evidence of Crossing Over-Stern, C.)

கர்ட் ஸ்டர்ன் (Curt Stern) என்ற நிபுணர் தாம் வளர்த்த பழப்பூச்சி ஒன்றில் **X** குரோமோசோம் வளர்ப்புக்கள் (**cultures**) மாறுபட்டிருப்பதைக் கண்டார். இதில் **Y** குரோமோசோமின் ஒரு பாகம் X குரோமோசோமுடன் ஒட்டிக் கொண்டிருந்தது. மேலும் அந்த X குரோமோசோமின் மற்றொரு நுனியிலிருந்து ஒரு பாகம் X கதிர்களினால் முறிந்து (4-ஆம் குரோமோசோமுடையது) ஒட்டிக் கொண்டிருந்தது. அதனால் ஒரு X குரோமோசோம் மற்றதைவிட நீண்டு காணப்பட்டது.



படம் 81.

டுரோசோஃபைலாவில் ஸ்டர்ன் செய்த சோதனையில் ஜெனிட்டிக் சைட்டோலாஜிகல் குறுக்கெதிர் மாற்றத்தின் செயல்முறை விளக்கம்]

X குரோமோசோம்களுக்குள் காணப்பட்ட இந்த வேறு பாட்டைக் கொண்டு ஸ்டர்ன் என்பவர் செல்லியல் செயல் முறைப்படி குறுக்கெதிர் மாற்றத்தை விளக்கிக் காட்டினுர். இரண்டு பண்புகளைக் குறிக்கின்ற இரண்டு அல்லீல்களை எடுத்துக் கொண்டார். இவை (கருஞ்சிவப்பு) கார்னேஷன் (carnation) நிறக்கண்ணையும் (car), குறுகிய கோட்டுக் கண்ணையும் (bar) குறிக்கின்றன (B). இந்த அல்லீல்கள் உள்ள X குரோமோசோம் கதிர்களால் முறித்து, ஒன்றுக்கொன்று வேறுபட்டு காணச் செய்தார் (படம் 81).

சிவப்பு நிறமும் வட்டக் கண்களுமுடைய பெண் பழப்பூச்சி யையும் (car, B/++), கார்னேஷன் நிறமும் குறுகிய கண்களை யுமுடைய ஆண் பழப்பூச்சியையும் (car+/) இனக் கலப்புச் செய்தார். பெண்பூச்சியிலுள்ள இரண்டு X குரோசோம்களும் குறிக்கப்பட்டிருந்ததால் அதாவது ஒன்றுக்கொன்று வேறுபட்டுக் காணப்பட்டதால் ஆண் பூச்சியிலுள்ள X குரோமோசோமி லிருந்து வேறுபட்டுத் தோன்றின. இதை நுண்ணோக்கின் மூலம் காணவும் முடிந்தது.

இந்த இனக் கலப்பின் வழித் தோன்றிகளை வகைப்படுத்தி நுண்ணோக்கியின் மூலம் அவற்றின் குரோமோசோம்களை ஆராய்ந் தார். தோற்ற வழி அமைப்பிலிருந்து (phenotype) குறுக்கெதிர் மாற்றம் நடைபெற்றிருக்க வேண்டும். அன்று அனுமானித்த பூச்சிகளில் காணப்பட்ட குறுக்கேற்றத்தை நுண்ணோக்கியின் மூலம் கண்டார். இவ்வாறுக் குறுக்கேற்றம் என்ற தத்துவ மானது செல்லியல் செயல் முறைப்படி உறுதிப்படுத்தப்பட்டது.

மேலும் குறுக்கேற்றமானது இனச்செல்கள் குன்றல் பிரிவு முறையில் பிரியும் போது நிகழ்கிறது என்றும், குரோமோ சோம்கள் நான்கு இழைகளாக (4 strand) இருக்கும் நிலையில் நிகழ் கிறது என்றும், இந்நான்கு இழைகளிலும் இரண்டில் தான் காணப்படுகிறது என்றும் தெளிவாகத் தெரிந்தது. குறுக் கேற்றத்தின்போது ஒத்த குரோமோசோமின் பகுதிகள் பரிமாறப் படுகின்றன என்பதும் திட்டவட்டமாகத் தெரிந்தது.

குறுக்கேற்றம் இயங்கும் முறை
(Mechanism of Crossing Over)

குறுக்கேற்றம் இயங்கும் முறை இன்று வரை தெளிவாகப் புரியவில்லை. இருந்த போதிலும் சில அடிப்படையான கருத்துக் கள் தெரிந்திருக்கின்றன. அவையாவன:

1. குறுக்கேற்றம் என்பது இரண்டு இழைகளுக்கிடையே நடைபெறும் ஒரு செயல். இது பாச்சினீமாவின் (pachynema) கடைப்பகுதியில் நடைபெறுகிறது.

2. இது மிகவும் நுட்பமாக நடைபெறும் நிகழ்ச்சியேயாகும்.

3. குறுக்கிடுதல் (interference) முறையினல் வெகு சமீபத்திலிருக்கும் ஜீன்களுக்கிடையே குறுக்கேற்றம் நடப்பதில்லை.

4. குறுக்கேற்றத்தின் நிகழ்வெண் வயது, பால், மரபு வழித் தோற்றம், வெப்பம் முதலிய வெளிக்காரணங்களாலும் பாதிக்கப் படும்.

5. ஓர் ஈரிணைத்திறனுடைய குரோமோசோமில் (bivalent chromosome) இரண்டு அல்லது 2, 3 அல்லது 4 இழைகளில் ஏற் படக்கூடியது. அதற்கு மேலாகக் குறுக்கேற்றங்கள் ஏற்பட்டால் நிகழ்வெண் நியதியற்ற முறையில் ஏற்படக் கூடும்.

குறுக்கேற்றம் இயங்கும் விதத்தைப் பற்றி விவரிக்கச் சிறப் பாகச் சில முக்கியக் கொள்கைகளுள்ளன (theories):

குறுக்கெதிர் மாற்றம் இயங்குதற்குரிய கோட்பாடுகள் (Theories for the Mechanism of Crossing Over)

நான்கு கோட்பாடுகள் முக்கியமானவைகள்.

1. சாக்ஸின் கிளாசிகல் கோட்பாடு (Classical Theory of Sax 1932)

குறுக்கெதிர் மாற்றத்திற்குரிய இரு மட்டக்கோட்பாடு என்றும் இதைக் கூறுவதுண்டு. இக்கோட்பாடு இரு கற்பனைகளை (assumption) அடிப்படையாகக் கொண்டது.

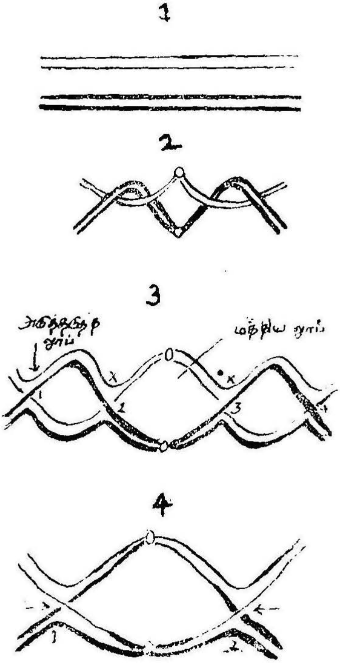
1. ஒரு கியாஸ்மா (chiasma) என்பது குறுக்கெதிர் மாற்றத் தைக் குறைப்பதில்லை.

2. ஒரு கியாஸ்மா முறிவதாலும் (rupture) அவ்வாறு முறிந்த இரு முனைகள் திரும்பவும் சேர்வதனுலும் (recombination) குறுக்கெதிர் மாற்றம் நிகழ்கிறது

3. அதனுல் குறுக்கெதிர் மாற்றம் நிகழும்போது கியாஸ் மேட்டா இழக்கப்படுகிறது.

பேக்கினீமா நிலையில், ஒத்த குரோமோசோம்கள் தக்க தொடர்புள்ளவாறு (relationally) திரித்து அல்லது சுருட்டிக் கொள்கின்றன. பேக்கினீமாவின் சோடிக் (சினேப்ஸ்) கவர்ச்சி முடிவடைந்தவுடன் டிப்ளோனீமா தொடங்குகிறது. ஒவ்வொரு

பைவேலண்டின் லூப்புகள் (loops) ஒன்று விட்டு ஒன்று குறையக் கூடியதாகவும் (reductional) சமமாகக் கூடியதாகவும் (equatorial) அமைகின்றன. ஆனல் மத்திய லூப் குறையக்கூடியதே; குறையக்கூடிய உடன்பிறந்த குரோமேட்டிட்கள் (sister chromatids) லூப்புகளுக்கு இரு பக்கங்களிலும், ஒன்றுென்டொன்று சேர்ந்து கொள்ளும்போதும் சமமாவதாகவும் இருப்பதினுல் உடன் பிறவா குரோமேட்டிட்களும் (non-sister chromatids) சேர்ந்து கொள்ளுகின்றன. குரோமோசோம் சுருங்கும்போது, லூப்புகள் பெருத்து வெடிப்பதினுல் (strain) இரு குரோமேட்டிட்களும் கியாஸ்மாவின் புள்ளியில் முறிகின்றன. இதற்குப் பின் முறிந்த முனைகளின்மறு ஒன்றிப்பு (reunion) நிகழ்கிறது. அவ்வாறு சேரும்போது, கியாஸ்மாவும் இழக்கப்படுவதும் புதுப்பிக்கப்படுவதும் நிகழ்கின்றன. இக்கொள்கைப் படி, கியாஸ்மாவே குறுக்கெதிர் மாற்றத்திற்குக் காரணமாகிறது.



படம் 82.

சாக்ஸ்கோட்பாடு.

1) சோடி ஒத்த குரோமோசோம்கள்

2) பேக்கிடின் நிலையில் தொடர்புள்ளன, சுருண்டு காணப்படுதல்.

3) டிப்ளோனிமாவில் திறக்கப்படுதல், மத்திய லூப் சோடி உடன் பிறந்த குரோமேட்டிட்களும், 4கியாஸ்மேட்டாக்களும் தோன்றுதல். குறுக்கெதிர் மாற்றம் நிகழவில்லை குறுக்கெதிர் மாற்றம் X போட்ட இடங்களில் நிகழ்கிறது. மெட்டாபேஸ் நிலையை ஒத்திருத்தல்.

4) குறுக்கெதிர் மாற்றம் நிகழும்போது கியாஸ்மேட்டா இழக்கப்பட்டு அவைகளின் எண்ணிக்கையும் 4லிருந்து 2 ஆகிறது.

சென்ட்ரோமியர்கள் பிறந்து நகர்ந்துவிடுகின்றன இரு சோடி குரோமேட்டிட்கள்

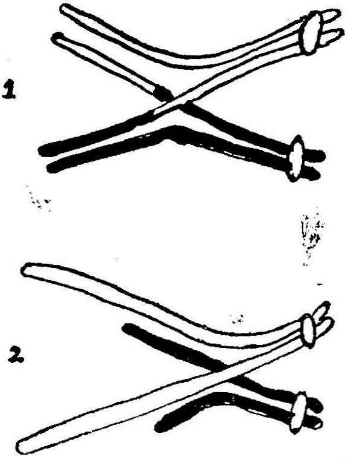
முழு நீளத்திற்கு ஒரு சினேப்டிக் மட்டத்தில் (synaptic plan) பிரிந்துவிடுகிறது. இதனுல் கியாஸ்மாவில் முடிகிறது. இறுதியாக கியாஸ்மாவின் ஒரு பக்கத்தில் உடன்பிறந்த குரோமேட்டிட்களும் மறுபக்கத்தில் உடன்பிறவா குரோமேட்டிட்களும் சேருகின்றன.

இக்கொள்கையின் மாற்றியமைந்த (modified) ஒன்றுதான் மட்சூராவின் புதிய அல்லது **நியோகிளாசிகல் கோட்பாடாகும்** (Neo-classical Theory, Matsuura *1940*, *1950*, Haga *1944)* இக்கோட்பாட்டின்படி (1) செல்லியலின்படி கண்ட கியாஸ்மாவிற்கும், மரபியல் குறுக்கெதிர் மாற்றத்திற்கும் எந்தவிதத் தொடர்புமில்லை. (2) சோடி குரோமேட்டிட்களுக்கு இடையில் உள்ள லூப்புகள் திறக்கப்படுவதால் கியாஸ்மேட்டா உண்டாகிறது. ஆனுல், இத்திறப்பு சமமாகவோ அல்லது குறைவாகவோ நிகழ்ந்தால், இந்நிகழ்ச்சி குரோமோசோமின் எந்த இடத்திலும் நிகழக்கூடும். மத்திய இடத்திலும் (centric position) நிகழலாம். அதனுல் குறைந்த, சமமான லூப்புகள் மாறி மாறி வந்தால்தான் கியாஸ்மேட்டா நிகழும். (3) குன்றல் பிரிவு நடந்து கொண்டிருக்கும்போது நிகழ்வெண் (frequency) குறையாதிருந்தால்; அனுஃபேஸ் I நிலையில் குரோமோசோம்கள் பிரிவினுல் கியாஸ்மேட்டா மறைந்து விடும். (கிளாசிகல்கோட்பாடு ஒப்புக்கொள்ளத் தக்கதாக இருந்தால் இது நிகழும்.) (4) குறுக்கெதிர் மாற்றத்தை இங்கு கொண்டுவர மட்சூரா கொடுத்த விளக்கமாவது: குரோமேட்டிட்கள் நேரான திருகு ஏற்படுவதற்குப் பதில் இணையொத்த திருகு ஏற்படுவதேயாகும். இம்மாற்றம் அனுஃபேஸ் Iல் ஏற்படுகிறது என்கிறுர். அனுஃபேஸ் நிலையில் உடன்பிறவா குரோமேட்டிட்களில் இணைந்தால்தான், தெரியும்படியான குறுக்கெதிர் மாற்றம் நிகழும். ஆனுல் ஒவ்வொரு சுருளுக்கும் ஒவ்வொரு குறுக்கெதிர் மாற்றம் நடக்கிறது என்று கூடக் கொள்ளலாம். குறுக்கெதிர்மாற்ற நிகழ்வேண் நடக்க வேண்டியதிற்கு மேல் உண்டாகிறது. இக்குறைபாட்டினுல் இந்த கோட்பாட்டை அவ்வளவாக எல்லோரும் ஒத்துக்கொள்ளவில்லை.

(2) பகுதி கியாஸ்மாடிப்பி அல்லது ஒரு மட்டக் கோட்பாடு
(Partial Chiasmatypy or One Plano Hypothesis)

இக்கொள்கையை ஜான்செனஸ் (Janssens) என்பவர் *(1909, 1924)* முதன் முதலில் எடுத்துரைத்தாலும் டார்லிங்டன் (Darlington) என்பவர்தான் வெகு தீவிரமாக விளம்பரம் செய்தார்.

செல்லியல், மரபியல் ஆகிய இரண்டின் விளக்கங்களை ஒருங்கே சேர்ந்திருப்பதால் இக்கொள்கையை பலரும் ஆமோதித்தனர். கியாஸ்மா என்பது செல்லியலில் சமச் செல்லாகவும் (cytological equivalent) உடன்பிறவா குரோமேட்டிட்களின் குறுக்கெதிர் மாற்றத்தின் இறுதி விளைவே என்றும் தெரிகிறது. அதாவது கியாஸ்மேட்டா தோன்றுவதற்கு முன்பே, உடன்பிறவா குரோமேட்டிட்களின் பரிமாற்றம் முடிந்து விட்டதென்றும், முதல் குன்றல் பிரிவில் உடன் பிறந்த குரோமேட்டிட்கள் ஒன்று சேர்வதினால் கியாஸ்மா வளைகிறது என்றும் கூறுகிறார். அதனால் குரோமேட்டிட்கள் ஒரு மட்டத்தில் (சினாப்சிஸ் மட்டத்திற்கு நேராக) பிரிகிறது என்றும் கூறியுள்ளார். இக்கொள்கைப்படி கியாஸ்மேட்டா என்பது விளைவேயன்றி குறுக்கெதிர் மாற்றத்திற்குக் காரணமல்ல.



படம் 33.

ஒருமட்டக் கோட்பாடும், இரு மட்டக்கோட்பாடும் ஒத்திடல்.

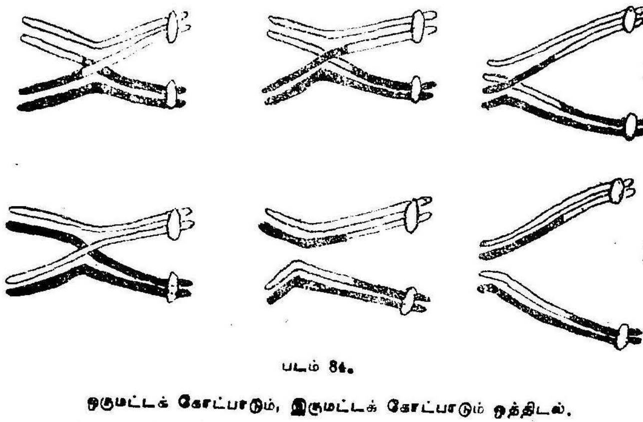
1. ஒரு மட்டக்கோட்பாடு (முன்பே நிகழ்ந்த குறுக்கெதிர் மாற்றத்தில் கியாஸ்மா ஏற்படல்.

2. ஒரு மட்டக்கோட்பாடு. (குறுக்கெதிர் மாற்றத்தில் கியாஸ்மா ஏற்படல்.

இக்கோட்பாடுகளின் கருத்து பரிமாற்றங்கள்

ஸ்டர்ன் (Stern-*1931*), கிரைட்டனும் மெக்லின்டாக்கும் (Creighten and Meclintock-*1931*) குரோமேட்டிடின் பரிமாற்றத்தினால் குறுக்கெதிர் மாற்றம் நிகழ்கிறது என்று கருதினார்கள். இக் கருத்து குறுக்கெதிர் மாற்றத்திற்கும் கியாஸ்மாவிற்கும் உள்ளத் தொடர்பினை செல்-மரபியல் படத்தை (cytogenic picture)நன்குவிளக்குகிறது. ஆனால் டுரோசோஃபைலா மெலனோகாஸ்ட்டர் என்ற பழப்பூச்சியில் நியூரோபிளாஸ்டிக் செல்களிலும், (neuroblastic cells) ஸ்பெர்மெட்டோசைட்களிலும் (spermatocytes) கிாயஸ்மா போன்ற அமைப்பு காணப்பட்டாலும், குறுக்கெதிர் மாற்றம் நடைபெறவில்லை என்று கூப்பர் (Cooper-*1949*) காட்டியுள்ளார். இதனால்

(1) குறுக்கெதிர் மாற்றத்தின் விளைவு கியாஸ்மாவினுல் தான் என்று கூற முடியாது. (2) சாக்ஸ் (Sax) கூறியது போன்று மத்தியக்கோட்பாடு ஓப்புகள் திறக்கப்படுவதினுல் சில கியாஸ் மேட்டா நிகழும். கியாஸ்மா அமைவதில் இவ்விரு கொள்கை களின் சான்றுகளை ஒட்டு மொத்தமாக நோக்கும்போது ஒரு மட்டக் கோட்பாட்டையே ஆதரிக்கிறது என்று பிரவுனும் ஜோகரியும் (Brown and Zohary 1955) கருதுகிருர்கள். சோளத்தில் ஆராய்ச்சி செய்த பீடில்ஸ் (Beadles) என்பவரும் அவ்வாறே எண்ணுகிருர். இவ்விரு தர்க்கங்களும், ஓர் எளிய, ஒத்துக் கொள்ளக்கூடிய நோக்கிலேயே அமைகின்றன. குறைத்தல் அல்லது நீக்கல் (defeciency or deletion) காரணங்களால் குரோமோசோம்களின் நீளத்தில் வேறுபாடு ஏற்பட்டால், இவ்விரு கொள்கைகளும் பொருந்தாதது. வெவ்வேறு நீளமுள்ள குரோமோசோம்களின் சோடி இணைவு (synapsis) ஒரு மட்டக் கோட்பாட்டில் கூறியது போன்றதே. இரு மட்டக் கோட்பாட்டில் கூறியது போல் தோன்றுவதில்லை (படம்84).



I

II

படம் 84.

ஒருமட்டக் கோட்பாடும், இருமட்டக் கோட்பாடும் ஒத்திடல்.

I ஒருமட்டக் கோட்பாடு (முன்பே நிகழ்ந்த குறுக்கெதிர் மாற்றத்தில் கியாஸ்மா ஏற்படல்.)

II ஒருமட்டக் கோட்பாடு. (குறுக்கெதிர் மாற்றத்தில் கியாஸ்மா ஏற்படல்).

ஆகவே மேற்கூறிய விளக்கம், குறுக்கெதிர் மாற்றம் நிகழ்வது டெட்ராட் குரோமேடிட்கள் உண்டாவதற்கு முன்புதான் என்று

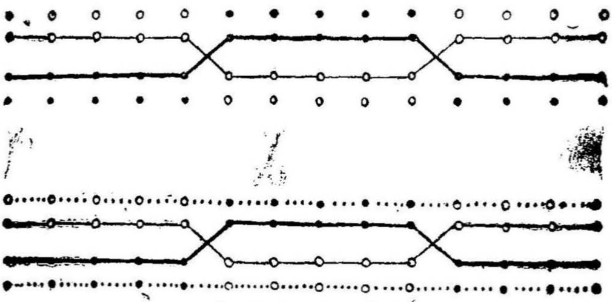
குறிக்கிறது. அதாவது குரோமோசோம்களின் நெருங்கிய சோடி இணைவு அல்லது சினாப்சிஸ் நிகழும்போது என்றுகிறது.

கியாஸ்மாதான் குறுக்கெதிர் மாற்றத்திற்கு சான்று என்று கொண்டால் குறுக்கெதிர் மாற்றம் எவ்வாறு நிகழ்கிறது என்ற அடுத்த கேள்வி எழுகிறது. இதற்குரிய கொள்கைகள் பின்வருமாறு விளக்கப்பட்டுள்ளன.

முன்தோன்றிய கொள்கைகள் (Earlier Hypothesis)

1. **பெல்லிங் கொள்கை** (Belling - *1931-1933*) புதிய குரோமேட்டிட்கள் உண்டாகும் போது அவ்விரண்டிற்குமிடையில் ஏற்படும் பரிமாற்றத்தின் விளைவாக குறுக்கெதிர் மாற்றம் நிகழ்கிறது என்றார். அதாவது குறுக்கெதிர் மாற்ற குரோமோசோம்களின் உற்பத்தியுடன் சம்பந்தப்பட்டதாகும். இவர் கூற்றுப்படி பிரிவுபடாத குரோமோசோம்களுக்கிடையில், சைகோனீமா நிலையில் சோடி இணைவு நிகழ்கிறது என்று பொருள். இவ்விணைப்பு கயிறு போல் திரிந்திருக்கும். இரட்டிப்பு முதலில் குரோமோமியரில் நடைபெறுகிறது. பிறகு தான் அடுத்துள்ள நூலிழைகளில் நிகழ்கிறது. இவ்விழைகள் திடீரென்று தோன்றியவைகளாகும் (nascent) இத்திடீர் இழைகள் அருகிலுள்ள புதிய குரோமோமியர்களை ஒருங்கே பிணைக்கின்றன. அடுத்துள்ள உடன்பிறவா குரோமோமியர்களும் (non-sister chromomere) இடையிலுள்ள தூரம் உடன் பிறந்த குரோமோமியர்களுக்கும் (sister chromomere) இடையிலுள்ள தூரத்தை விட குறைந்ததே. இணைப்பிழைகள் உடன்பிறவா குரோமோமியர்களை இணைப்பதால் இரு குரோமேட்டிட்களின் குறுக்கெதிர் மாற்றங்கள் நிகழ்கின்றன (படம் 85).

பகுதி குரோமோமியர் பிரதிகளை (partial replica) உண்டாக்குவதில் பெற்றோர் முறுக்கிழைகள் (strands) வார்ப்புகளாக (templates) வேலை செய்கின்றன. இவைகள் இணைந்து (coupled) புது குரோமேட்டிட்களாகின்றன. ஒத்த குரோமேட்டிட்களிலிருந்து பகுதி பிரதிகள் உண்டாகி இருந்தால், அவைகள் இணைந்து விடுகின்றன. அவ்வமயம் பெற்றோர் முறுக்கிழைகளைப் போன்று குறுக்கெதிர் மாற்ற மற்ற குரோமேட்டிட் (non - cross over chromatid) உண்டாகிறது.



படம் 85.
பெல்லிங் கோட்பாடு.

i) குரோமோசோம் இரட்டித்து விட்டது. ஆனல் இடை குரோமோசோம் இணைப்புகள் நிகழவில்லை.

ii) புதிய வெளி குரோமோசோம் இணைப்புகள் முடிந்ததும் குறுக்கெதிர் மாற்றம் முடிவுறுகிறது.

குறுக்கெதிர் மாற்றம் உண்டாவது புதிய குரோமட்டேட்களுக்கு மட்டும்தான் என்று இருந்தால் எல்லா இரட்டை குறுக்கெதிர் மாற்றங்களும், இருமுறுக்கிழை வகைகளோடு (2-strand type) நின்றுவிடும் எவ்வளவு புள்ளிகளில் குறுக்கெதிர் மாற்றம் ஏற்பட்டாலும், மேற்கூறிய இருவகைகளோடு நின்று விடும். அவ்வாறு இருந்தால் குறுக்கெதிர் மாற்ற குரோமோசோம்களின் எண்ணிக்கை 50% மேல் போகாது. ஆனல் மரபியப் பட்டியல் குறிப்பு (data) மூலம் 3அல்லது 4 இரட்டை முறுக்கிழைகள் (நிகழ் வெண்களை (frequency)நோக்கி ஏற்படுகின்றன. (குரோமேட்டிட்களின் தலையீடு இல்லை.) இப்போது குரோமோசோம்களின் குறுக்கெதிர் மாற்றம் 50%க்கு மேலாகும். மரபியப்பட்டியலுக்கேற்ப, பெல்லிங் (1933) தன்னுடைய கொள்கையை மாற்றியமைத்துக் கொண்டார். பெற்றோர் குரோமோசோம்களிலும் புது குரோமோசோம்களிலும் வேறுபாடுகளில்லை என்று அவர் அனுமானித்துக் கொண்டார். மேலும் பெற்றோர் குரோமோமியர்களையும் புது குரோமோமியர்களையும் இடை இணை இழைகள் (inter - connecting threads) சேர்த்து வைக்கின்றன என்றும் கொண்டார். இது செயலில் உடன் பிறந்த குறுக்கிழைகளின் குறுக்கெதிர் மாற்றமே ஆகும். ஷீவார்ட்ஸின்

(Schwartz - 1953-1954) உடன் பிறந்த குறுக்கிழை களின் குறுக்கெதிர் மாற்ற அறிவிப்பும் பெல்லிங் கூற்றை ஆதரிக் கிறது. அதன்படி உடன்பிறந்த, உடன்பிறவா குறுக்கிழைகளின் குறுக்கெதிர் மாற்றங்கள் வெவ்வேறே. இவைகள் வெவ்வேறு நேரங்களில் நடக்கும் நிகழ்ச்சியாகும். ஆனால் ரிஸ் (Ris 1945) இதை மறு பரிசிலனை செய்யவேண்டுமென்று கூறுகிறார். ஏனெனில் குரோமோசோம் என்பது இழைகளால் இணைக்கப்பட்ட குரோ மோமியர்களே. மேலும் குரோமோனிமேட்டா கெட்டியாக சுருண்டு குரோமோசோம் பகுதிகளாக உள்ளன என்பதே.

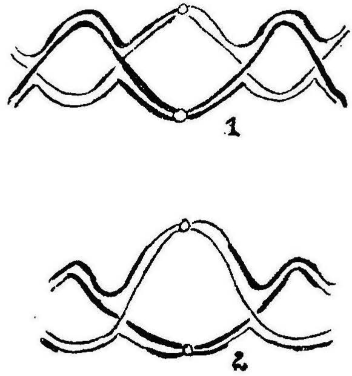
ஆனால் தற்போது பெல்லிங் கூறியவைகள் யாவும் லேபல் பரி சோதனை (labelling experiment) மூலம் சரியல்ல என்று நிரூபிக்கப் பட்டு விட்டன.

(4) டார்லிங்டனின் திருக்கக் கோட்பாடு
(Darlington's Torsion Hypothesis)

குன்றல் பிரிவில் குறிப்பிட்ட காலத்திற்கு முன் நிகழ்தல் கொள்கை (Precocity Theory of Meiosis) மிகவும் முக்கிய இடம் வகிக்கிறது என்று டார்லிங்டன் கருதுகிறார். கீழ்கண்டவைகள் வரிசையா நிகழ்கின்றன.

(அ) குரோமோசோம்கள் இரட்டிப்பதற்கு முன், முதல் குன்றல் பிரிவின் புரோபேஸ் ஆரம்பமாகிறது. இது குறிப்பிட்ட காலத்திற்கு முன் நிகழ்கிறது (precocious)

(ஆ) ஒத்த குரோமோசோம்கள் ஒன்றோடொன்று சுருண்டு கொள்கின்றன. பிரியாத நிலையில் இருப்பதால், ஒன்றோடொன்று சோடியாக ஈர்த்துக் (attract) கொள்கின்றன. (2,2 association சேர்க்கை). ஒவ்வொரு குரோமோசோமும் உள் மாலிக்கூலார் சுருள் (internal molecular coiling) பெற்றுள்ளது. இவ்வுள் மாலிக்கூலார் சுருள், எதிரெதிர் சுருளுடன் சமநிலையில் (equilibrium) இருக்கின்றன.



(இ) இருப்பினும் நீளவாட்ட ஒட்டிணைவுகள் (cohesion), சோடிச் சமநிலை இரண்டும், புது குரோமேட்டிட்கள் உண்டாகும்

படம் 86. டார்லிங்டன் கோட்பாடு.

1. குறுக்கெதிர் மாற்றம் முன்பே நிகழ்ந்து விட்டதனால் 4 கியாஸ்மேட்டா உண்டாயிற்று.

2. டெர்மினலிசேஷன் நிகழ்ந்துள்ளது

போது மாறி விடும் (upset). ஏனெனில் 2/2 சேர்க்கை என்பது உடன் பிறந்த குரோமேட்டிட்களுக்கிடையில் (sister chromatids) தானே அன்றி, ஒ த் த (homogenous) குரோமேட்டிட்களுக் கிடையில் அல்ல.

(ஈ) ஒத்தவைகளிடையே ஈர்ப்பு, எதிர்ப்பினுல் (repulsion) மாற்றப்படுகிறது (replaced). இவ்வெதிர்ப்பு அவைகளை எட்டித் தள்ளுகின்றன. ஆனுல் அவைகள் ஒன்ருேடொன்று பிணைந்து (relationally coiling) சுருண்டிருப்பதால் ஒருதிருக்கம் ஏற்படு கிறது. இந்நிகழ்ச்சி இரு உடன்பிறவா குரோமேட்டிட்களைப் (non-sister) பிரிக்கிறது.

(உ) இச்சுருள் நிகழ்ச்சி பிரிக்கப்பட்டு, திருக்கமும் நீக்கப்படு கிறது. விட்ட முனைகள் ஒட்டிக் கொள்கின்றன. இதனுல் உடன் பிறவா குரோமேட்டிட்களுக் (non-sisters) கிடையில் தி ரு ம் ப ஒட்டிக் கொள்வதால் ஒரு குறுக்கெதிர் மாற்றம் நிகழ்கிறது.

டார்லிங்டனின் திருக்கக் கொள்கை (torsion hypothesis) யானது அவருடைய நிலையின் கோட்பாடு அல்லது எலக்ட்ரோஸ் டேடிக் கோட்பாட்டை (1937 Electrostatic Theory) ஒத்திருக் கிறது. குரோமோசோம்களினிடையே காணப்படும் நிலையின் விசை (force) அவைகளை கவரவோ (attraction) நிராகரிக்கவோ (repulsion) செய்கின்றன என்று கூறுகிருர். ஆனுல் சோதனை கள் மூலம் இன்னும் நிரூபிக்கப்படவில்லை. மேலும் இவ்விசை இருக் கிறதா (existence) அல்லது இல்லையா என்றும் விளங்கவில்லை. ஏனெனில் டெர்மினலைசேஷன் (terminalization) இவ்விரு விசை களினுல்தான் நடக்கிறது என்று இல்லை. வேறு பல காரணங்களும் கூறலாம். இத்திருக்கக் கோட்பாட்டிற்கு ஆரம்ப காலத்தில் இருந்த ஆதரவு இப்போது இல்லை. மேலும் குரோமோசோம் களின் சைகோட்டின் இணைவுக்குமுன் மறு இரட்டிப்பு நடைபெற்று விடுகிறபடியால், பலரும் இக்கோட்பாட்டை ஏளனம் (criticise) செய்கிருர்கள்.

(5) ஒயிட்டின் எல்லைக்கொள்கை (White's "Frontier" Hypothesis)

ஹெட்டிரோகுரோமேட்டிக், யூகுரோமேட்டிக் பகுதிகளுக்கு அருகில் அல்லது சந்திப்பில், கியாஸ்மேட்டா நடைபெறுகிறது என்ற அனுமானத்தின் பேரில் இக்கொள்கை உருவாகியது. இவ்விரு பகுதிகளும் பிளவுபடுதல் (splitting) வெவ்வேறு சமயங் களில் (asynchronous) நடைபெறுகிறது. ஹெட்டிரோகுரோ

மேட்டிக் பகுதி இரட்டிப்பதற்கு முன், யூகுரோமேட்டிக் பகுதியை ஒதுக்கி விடுகிறது. இரு குரோமேட்டிட்கள் முறுக்கிழைகளின் சந்திப்பில் ஓர் தொய்வு (strain) ஏற்படுவதால், அதன் வலித்திழுப்பு (tension) காரணமாக விரிபட்டு (breakage) குறுக்கெதிர் மாற்றம் நிகழ்கிறது என்று விளக்கம் கூறுகிறார். இது மட்டும் டார்லிங்டனின் திருக்கக் கொள்கைக்கு மாறுபட்டதென்று ஸ்வான்சன் (Swanson) கூறுகிறார். இதனால் மேற்சொன்ன ஆய்வுரை (criticism) இதற்கும் பொருந்தும்.

கலந்துரை (Discussion)

குறுக்கெதிர் மாற்றம் சைகோனீமா அல்லது அடுத்துள்ள நிலையில் நடக்கிறதாக பெல்லிங், டார்லிங்டன் கொள்கைகள் மற்ற கோட்பாடுகள் யாவும் கூறுகின்றன. ஆனால் யாவும் திருப்திகரமாக இல்லை. ஏனெனில் குரோமோசோம்கள் பற்றி அதிகம் தெரியாத நிலையில் இது பற்றி விளக்கம் கூறியதே. குரோமோசோம் பல முறுக்கிழைகள் கொண்டதென்றும், இரு முறுக்கிழை கொண்டதென்றும் பலவாறாகக் கருதினார்கள். ஒரு குரோமேட்டிட், ஓர் இரட்டை திருகு கொண்டதாகவும் அதில் டிஎன்ஏ மாலிக்கூல் நீளவாட்டில் அமைந்திருப்பதாகவும் அது புரத இணைப்பினால் இணைக்கப்பட்டுள்ளதாகவும் எண்ணினர்.

பெல்லிங் கொள்கையின் முக்கிய அம்சம் யாதெனில் தற்சமயமுள்ள கோட்பாட்டைத் தழுவும் ''பிரதிப் பொருக்குக்'' (copy choice) கோட்பாடாகும். இரட்டித்தலுக்குப் பின் வெவ்வேறு குரோமேட்டிட்கள் இணைதல் தற்கால கோட்பாட்டை ஒட்டியுள்ளதாக விளக்கப்பட்டுள்ளது (Lederberg 1955). ஃபேஜ் சோதனைகளின் பேரில், பிரதி பொருக்குக்குரிய சான்றுகள் மிக உள. ஆனால், குறுக்கெதிர் மாற்றத்தில் நிகழ்வது போன்ற இரு இணை சேர்க்கைகள் (reciprocal recombinants) ஃபேஜின் பிரதிப்பொருக்கு முறையில் இல்லை.

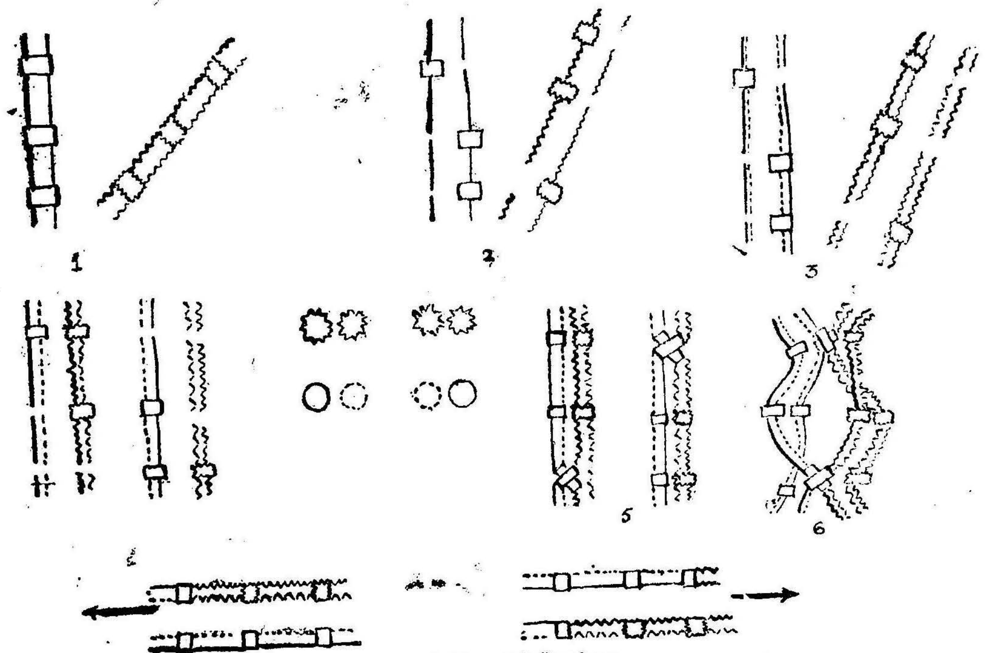
மறுசேர்க்கையை (recombination) விளக்க மாலிக்கூலார் மட்டத்தில் பல முயற்சிகள் எடுக்கப்பட்டதன் விளைவாக சில புதுக் கொள்கைகள் உருவாயின. அவைகளில் முக்கியமான இரண்டை பெரும்பாலும் செல்-மரபியல் வல்லுநர்கள் (cytogenetists) ஒத்துக்கொள்கிறார்கள். ஒன்று: அல் கொள்கை (Ull's Hypothesis 1965). இரண்டு: ஒயிட் கொள்கை (White's Hypothesis 1965).

6. **அல் கொள்கை**

அல் கொள்கை ஓரளவிற்கு மெய்ப்பிக்கப்பட்டிருப்பதினாலும் அதன் அடிப்படைக் கொள்கைக்கு அதிக எதிர்ப்பு இல்லாததினாலும் இங்கே தரப்பட்டுள்ளது. மேலும் இதில் பக்க முறுக்கிழையின் எண்ணிக்கையும் குறுக்கெதிர் மாற்றத்தைச் சார்ந்திருக்கவில்லை. டார்லிங்டன் கூறியது போல குரோமேட்டிட்கள விறிதலும் (mechanical tension) சேருதலும் இங்கு தவிர்க்கப்பட்டுள்ளது.

மியோசில் அல்லது மைட்டோசிஸ் குரோமோசோம்கள் இடைநிலைக்கு முன், சில இரட்டைத் திருகு சுழல் டிஎன்ஏக்களைக் கொண்ட பகுதிகளாக இருக்கின்றன. அவைகள் சங்கிலிப் பிணைப்பு (links) மூலம் இணைக்கப்பட்டுள்ளன. அவ்வாறே பக்கங்களிலும் ஒன்று அல்லது அதிகமான டிஎன்ஏ இரட்டைத் திருகு சுழல்கள் இருக்கும். ஆனால் பிணைப்புகள் யாவும் ஒரு யூனிட்டாகத்தான் இருக்கின்றன. இப்பிணைப்புகள் டிஎன்ஏயின் ஜெனிட்டிக் கோடின் தனிமங்களைப் பிரிக்கும் இடங்களாகச் (punctuation marks) செயல்படுகின்றன. டிஎன்ஏ சேர்க்கைக்கு முன், இரட்டைத் திருகு சுழல் பாலி நியூக்ளியோடைட் முறுக்கிழைகளாகப் (strand) பிரிக்கின்றன. அவ்வாறு பிரியும்போது இப்பிணைப்புகள் மற்ற முறுக்கிழைகளுடன் தனித்தனியாகவோ, கூட்டாகவோ அமையும்படி பிரிக்கின்றன. அதாவது, டிஎன்ஏத் துண்டு சேர்க்கை பாலி நியூக்ளியோடைட் யூனிட்டுகளாக அமைகின்றனவே அன்றி, குரோமோசோம் துண்டாடப்படவில்லை. ஏனெனில் இணைப்புகள் யாவும் (randomly located in strands) முறுக்கி இழைகளில் இங்கொன்றும் அங்கொன்றுமாக இணைந்திருக்கின்றன. அநேகமாக நீள வாட்டத்தை விட்டு விலகாமல் ஹிஸ்டோனுடனும் (histone) எஞ்சிய புரதத்துடனும் (residual protein) சேர்ந்து காணப்படும். ஒட் இணைப்பு அல்லது சினப்சிஸ் (synapsis) டிஎன்ஏயில் ஒன்று அல்லது இதற்கு மேலும் நிகழ்கிறது, இம்மாதிரியான பிணைப்புகள் (links) நிகழும்போது, குரோமேட்டின்களில் மாற்றம் ஏற்படுகிறது. சினப்சிஸ் மூலம் துண்டு டிஎன்ஏவை ஒன்று சேர்ப்பதுடன், முன்னிருந்த நியூக்ளியோடைட் சோடிகளின் வரிசையையும் திரும்ப அமைக்கிறது. (படம் 87).

அல் கொள்கை பெல்லிங் மாடல் கொள்கையை ஒத்திருப்பது போன்றிருந்தாலும், அடிப்படையிலே வேறுபடுகிறது. இதில் டிஎன்ஏ இரட்டிப்பது பெரும்பாலும் மாறுதல் அற்றவாரே (semi-conservative) இருக்கிறது. பெல்லிங் முறை குறுக்கேற்றத்தில் அவ்வாறு இல்லை. பெல்லிங் கூறுவதில் லேபில் முறைச் சோதனை



படம் 87. அல் கொள்கை.
[அல் கொள்கையின் திட்டத்திற்கு விளக்கம் அடுத்த பக்கம்.]

ஒவ்வொரு ஒத்த குரோமோசோமும், ஆரம்பத்தில் ஒரே ஓர் இரட்டைத் திருகி சுழல் முறையில் பிணைப்புகள் (links) காட்டப்பட்டுள்ளது. பல முறுக் கிழை குரோமோசோம்களுக்கும் இத்திட்டம் பொருந்தும்.

(1) இரட்டிப்பிற்கு முன் ஆரம்ப இடைநிலை.

(2) பாலி நியூக்ளியோடைட் முறுக்கிழைகள் பிரிக்கப்பட்டு இரட்டித் தலுக்கு தயாராகின்றன. ஒரு பாலி நியூக்ளியோடைட் முறுக்கிழைத் துண்டு அல்லது மற்றொன்றுடன் பிணைப்புகள் ஒட்டிக் கொண்டிருப்ப தால் இடையறுத்த நிலை (discontinuties) ஏற்படுகிறது.

(3) இரட்டித்தலின் இறுதி நிலை. புதிய சேர்க்கை முறுக்கிழைகள், விடுபட்ட கோடுகளால் காண்பிக்கப்பட்டுள்ளது.

(4) சோடி இணை அமைப்பு (synapsis) நிகழ்ந்தபின், குரோமே டிட் களின் டெட்ராட் (tetrad): புதிய பிணைப்புகள் சேர்க்கைக்கு முன் உள்ள நிலை. வலப்புறத்தில் டெட்ராடின் குறுக்கு வெட்டுத் தோற்றம் (cross section)

(5) புதிய இணைப்புகளுடன் பாக்கினிமா நிலை (pachynema) இடது சோடியில் கீழேயும், வலது சோடியில் மேலேயும் இணைப்புகளின் மூலம் குறுக்கெதிர் மாற்றங்கள் நிகழ்கின்றன. புதிய பிணைப்புகள் மத்தியில், உடன் பிறந்த குரோமேட்டிட்கள், இடையறுபட்டவைகளைச் சரி செய் கின்றன.

(6) டிப்ளோனிமா (diplonema) நிலையில் சோடி இணைவு பிரிந்து நகர்தல். இரட்டை அல்லது பைவேலன்ட் (bivalent) அமைப்பு குறுக் கேற்றம் (chiasmata) நிகழ்ந்த இடங்களில் மட்டும் ஒட்டிக் கொண்டு காணப்படுகிறது.

(7) அனஃபேஸ் I நிலையில் இரு குரோமோசோம்களும் பிரிக் கின்றன. சென்ட்ரோமியர் காண்பிக்கப் படவில்லை. அனஃபேஸ் II ஒவ்வொரு குரோமோசோமின் குரோமேட்டிட்கள் மேலும் எவ்வித மாற்றமுமின்றி பிரிந்து விடுகின்றன.

செய்த போது (labelling experiment) தவறென்றும் தெரிய வந்தது. குரோமோசோம்கள் ஒட்டிணையும் போது (synapsis) அவைகள் திடமாக (compact) இருக்கின்றன. அதனால் ஒத்த (homologous) குரோமோசோம்கள் இணையும் இடங்கள் மிகக் குறைவு. மிகக்குறுகிய பகுதிகள் மூலம் குறுக்கேற்றங்கள் பெறுவது தடைபடுகிறது. இதனால் குறுக்கீடு (interfernce) ஏற் படுகிறது. ஆனால் வைரஸ் போன்ற நுண்ணுயிரிகளில் டிஎன்ஏ உரையற்று இருப்பதனால், அம்மாதிரியில்லாமல் குறுக்கேற்றங்கள் தடையின்றி நிகழ்கின்றன. மேலும் டிஎன்ஏத்துண்டுகள் (fragments) இணைப்புகளின் பக்க இயக்கங்களினால் குரோமோசோமின் பல இடங்களில் டிஎன்ஏ சேர்க்கை அல்லது கூட்டிணைவு (synthesis) நிகழ ஏதுவாகஇருக்கிறது. உமிழ்நீர்ச்சுரப்பி குரோமோசோமில் பட்டைகள், இடைப்பட்டைகள் (interleavels) மூலம் டிஎன்ஏ தொடர்ந்து காணப்படுவது இதற்கு எடுத்துக்காட்டாகும்.

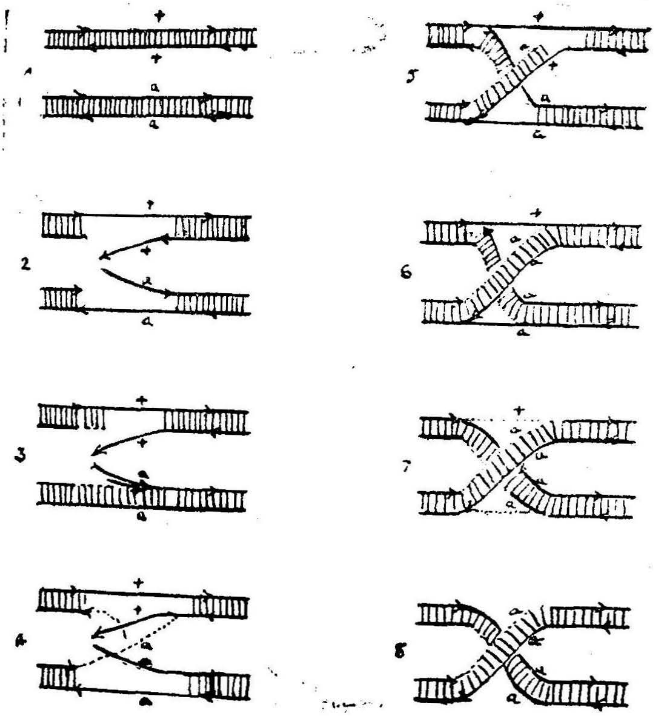
இக்கொள்கையை ஒத்துக் கொள்வதில் ஒரே ஒரு தடங்கல் தான் உள்ளது. அது டிஎன்ஏவைப் பிரிக்கும் இணைப்புகள் (links) பற்றியது தான். தற்சமயம் இப்பிணைப்புகள் இருக்கின்றனவா? அவைகளின் பழக்கம் (behaviour) எப்படி? எவ்வாறு உண்டாகின்றது? என்பன. இக்கேள்விகளுக்கு இன்னும் விடை கிடைக்கவில்லை.

7. ஒயிட் ஹவுஸ் கொள்கை

ஆனால் ஒயிட் ஹவுஸ் கொள்கையில் இவ்வித பிணைப்புகள் (links) இல்லை. ஒத்த குரோமோசோம்கள் மூலம் ஜீன்களின் மறுச்சேர்க்கை எப்போதும் கூறுவதுபோல (conventional definition) குறுக்கெதிர் மாற்றமல்ல. பழைய டிஎன்ஏ கலைக்கப்பட்டு (சிதைக்கப்பட்டு - dissolution) புதிய கலப்பு அல்லது ஹைபிரிட் டிஎன்ஏ (hybrid DNA) உண்டாவதாகக் கருதுகிறார். 1964-ல் ஹாலிடே (Holiday) வேறொரு ஹைபிரிட் டிஎன்ஏ மாடலை வெளியிட்டார். அவ் கொள்கையில் காண்பது போல இல்லாமல் குரோமேட்டிட்களில் முன்னதாகவே நிர்ணயிக்கப்பட்ட புள்ளிகளில் (predetermined points) டிஎன்ஏயில் இடையறுத்த நிலைகள் (discontinuities) உண்டாகின்றன (formation) என்று கோருகிறார் (postulates) உடன்பிறவா குரோமேட்டிட்களில் இடையறுத்த நிலைகள் மிக அண்மையான இடங்களில் ஏற்படுகிறது (படம்88). அவைகளில் அவ்வாறு ஏற்படுவது இணைப்புகள் காரணமல்ல. பாலிமரேஸ்(polymerase)என்சைம்களைக் கொண்டு கூட்டிப்புணைத் (கூட்டுச்சேர்க்கை synthesis) துவக்கும் புள்ளியாக அவ்விடங்கள் தகுதி பெற்றுள்ளன.

இவ்விளக்கங்களை நோக்க மறுசேர்க்கை என்பது சைகோனிமா நிலையில் டிஎன்ஏ சேர்க்கைக்கு பின் நிகழ்கிறது; பழைய டிஎன்ஏ அழிக்கப்பட்டு ஹைபிரிட் டிஎன்ஏ தோன்றும்போது நிகழ்கிறது. பேக்கினிமா நிலையில் டிரைடியேட்டெட் தைமிடின் (tritiated thymidine) கூட்டிணைவாக செயலாற்றுகிறது (விம்பரும் பிரன்ஸ்கியும் (Wimber and Prensky).

இக்கொள்கை மற்றவைகளைவிட திருப்திகரமாக இருக்கிறது. மேலும், டிஎன்ஏ சேர்க்கையில் பழுதடையும் என்சைம் (repair enzyme) தத்துவத்திற்கு ஒத்திருக்கிறது. ஒயிட் ஹவுஸ் கொள்கை நியூரோஸ்போரா (neurospora) அஸ்பெர்ஜில்லஸ் (aspergillus) போன்ற காளான் வகைகளுக்குத்தான் பொருந்தும். உயர் விலங்குகளுக்குப் பொருந்துமா என்பது கேள்விக்குறியாக இருக்கிறது.



படம் 88.

போலரான் ஹைபிரிட் டிஎன்ஏ மாடல் முறை குறுக்கேற்றம்
(Polaran hybrid DNA model of crossing over)

படத்தில் நான்கு குரோமேட்டிட்களுக்கு பதில் இரண்டுதான் காட்டப்பட்டுள்ளது. அந்த ஒரு குரோமேட்டிடும் டிஎன்ஏவின் ஓர் இரட்டைத்திருகுசுழல் என்று கற்பனை செய்து கொள்ள வேண்டும்.

(1) இரு ஒத்த குரோமேட்டிட்களில் ஒவ்வொன்றும் டிஎன்ஏ மாலிக்கூலைக் குறிக்கிறது. படுக்கைக்கோடு பாலி நியூக்ளியோடைட் சங்கிலியையும்; அம்புக்குறி சுகர்-பாஸ்பேட் தொடரின் போக்கையும், அந்த போலாரனின் முடிவெல்லையையும் குறிக்கிறது. செங்குத்துக்கோடுகள், நியூக்ளியோடைட் பேஸ்களை இணைக்கும் ஹைட்ரன் பாண்டை குறிக்கிறது.

(2) எதிர் துருவ முனைப்பு நியூக்ளியோடைட், சங்கிலித் தொடரில் வரையறுக்கப்பட்ட புள்ளிகளில் தொடர்பறுத்தல் (breakage) தான், குறுக்கெதிர் மாற்றத்திற்கு ஆரம்பமாகும். ஒவ்வொரு குரோமேட்டிடுக்கும் ஒரே ஒரு இடத்தில் தான் தொடர்பறுத்தல் நிகழும்.

(3) பழைய தொடர்பாத சங்கிலித் தொடரை ஒட்டி, புதிய சங்கிலிச் சேர்க்கை நிகழ்கிறது.

(4) புதியதாக சேர்க்கப்பட்ட சங்கிலித் தொடர் பழையதிலிருந்து பிரிந்து மற்ற குரோமேட்டிடுடன் தக்க இடத்தில் இணைகிறது.

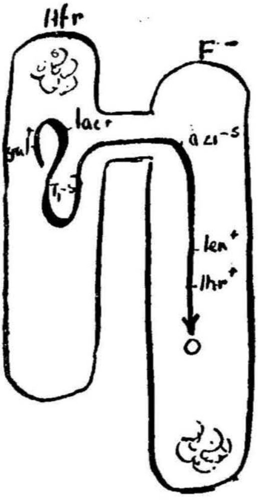
(5) இச்செயல் ஜீன்களின் ஒவ்வா நிலையைச் சரி செய்கிறது.

(6) அச்சங்கிலித் தொடரில், காலி இடத்தைவளர்ச்சி மூலம் நிரப்புகிறது.

(7) பழைய சங்கிலி அறுந்து விடுவதால், குறுக்கெதிர் மாற்றம் நிறைவு பெறுகிறது.

(8) டிஎன்ஏ சேர்க்கை நிகழ்வதில்லை, ஏனெனில் 7-ல் தொடர்பறுத்தல் 3-ல் நடைபெறும் சேர்க்கையினால் சரி சமன்படுகிறது.

மேற்கூறிய ஆய்வுரை (discussion) மூலம் குறுக்கெதிர் மாற்றத்தைப் பொருத்தவரையில் இரு உண்மைகள் விளங்குகின்றன. (1) ஒத்த குரோமோசோம்களிலிருந்து, குரோமேட்டின் பரிமாற்றத்திற்கு அது உதவுகிறது. (2) இப்பரிமாற்றச்செயல் இவ்விரு ஒத்த குரோமோசோம்களையும் மெட்டாபேஸ் நிலை வரை சேர்த்து வைத்து, அனுபேஸ் நிலையில் இருதுருவங்களுக்கும் போய் சேருமாறு பிரிக்கிறது. இணைதல் ஒரே நேரத்தில் நடைபெற வேண்டுமின்றில்லை என்று ஆர். கிரில் (R. Grell) அண்மையில் தான் செய்த ஆராய்ச்சிப்படி கூறுகிறார். அவ்வம்மையார் டுரோசோஃபைலாவில் Y குரோமோசோம் பங்கிடு பற்றி ஆராய்ந்தார். Y குரோமோசோம் இதில் எந்தவித பங்கும் கொள்ளவில்லை என்றும், ஒத்த குரோசோம்களிடையே முதலில் குறுக்கேற்றம் நடைபெறுகிறதென்றும், அவைகள் அனுபேஸ் வரை பிரிந்தே இருக்கின்றனவென்றும் விளக்கினார். குறுக்கேற்றம் நிகழாவிட்டால் ஒத்த குரோமோசோம் ஒதுங்கி வருகின்றனவென்றும், பிறகு இவைகள் எந்த குரோமோசோமுடனும் (ஒத்த & ஒவ்வா) குறுக்கிணைவிற்குத் தயாராக இருக்கின்றன என்றும்கூறினார். ஏனெனில் Y குரோமோசோமினால் குறுக்கேற்றத்தில் எந்தவித பயனும் இல்லை. நோவிட்ஸ்கி (Novitski) இக்கருத்துரைக்கு வேறு விளக்கம் தந்துள்ளார். இருப்பினும் இருவருடைய விளக்கங்களும் மேலும் ஆராய வேண்டிய நிலையிலேயே இருக்கின்றன.



படம் 89
ஈ. காலையில் குரோமோசோம் மாற்றம்
Hfr லிருந்து F-க்கு மாறுதல்.

பாக்டீரியாவில் குறுக்கெதிர்மாற்றம்

ஈ. காலை (E. coli) பாக்டீரியாவில் குறுக்கெதிர் மாற்றம் நிகழ்வதைப் படம் 89 விளக்குகிறது.

I. I. T. S. No

ஆண் சந்ததியும் (strain) (Hfr), பெண் சந்ததியும் (F −) சேர்ந்திருக்கும்போது இணைவுமுறை இனப்பெருக்கம்(conjugation)

நடக்கிறது. ஊடகத்தில் ஸ்ட்ரெப்டோமைசினும் (streptomycin) சேர்த்து வைத்தால் சுமார் 25 நிமிடங்களில் இந்நிகழ்ச்சி முடிந்து விடுகிறது. இரு பாக்டீரியாக்கள் சரி சமமாக இணையாமல் ஒன்று கீழும் மேலுமாக சேர்ந்த பின் சைட்டோபிளாசத்தின் பாலத்தினால் இணைகின்றன. குரோமோசோம்களின் அமைப்பைக் கொண்டு இரு சந்ததிகளைக் கண்டு கொள்ளலாம். ஒன்றிற்கு உருண்ட வடிவ குரோமோசோம்கள் உண்டு. அது தான் பெண் வகை போலவும் (recipient) (F−) மற்றொன்று (Hfr) ஆண் போலவும் செயலாற்றுகிறது. ஆண் வகையிலிருந்து குரோமோசோம் பொருள், அப்பாலத்தின் வழியாக (F−) வகையின் குரோமோசோமுடன் இணைகிறது. இச்செயல்களில் பல ஜீன்கள் பங்கு கொள்கின்றன. உதாரணமாக try C என்ற ஜீன் indole glycophoshate synthatase) என்சைமையும் glaA என்ற ஜீன் galactokinase என்ற என்சைமையும், pho என்ற ஜீன் alkaline phosphatase என்ற என்சைமையும், arg D என்ற ஜீன் ornithine transcarbamylase என்ற என்சைமையும் உற்பத்தி செய்கின்றன. இறுதியில் Hfr சந்ததி இறந்து விடுகிறது. (ஸ்ட்ரெப்டோமைசின் கொன்று விடுகிறது.)

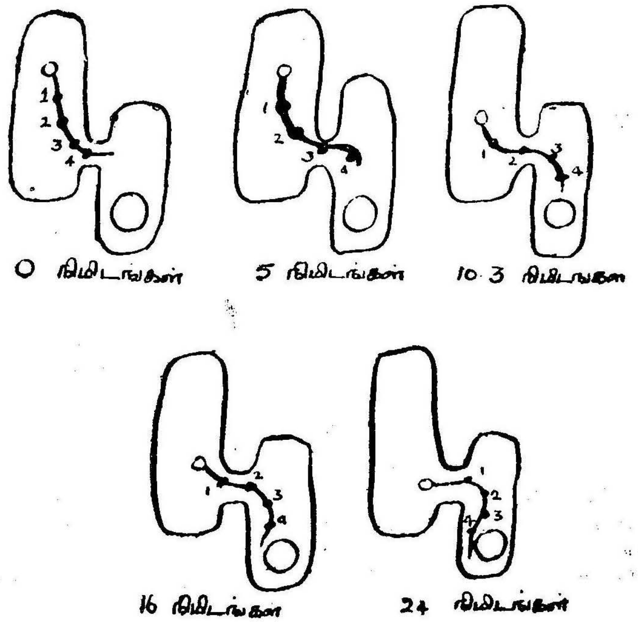
இவ்விணைவு முறை இனப் பெருக்கத்திற்கு இரு கோட்பாடுகள் உள்ளன (two theories).

முதல் கோட்பாடு: ஒடிந்திணைதல் முறை (Breakage Hypothesis)

ஆண் வகையின் குரோமோசோம் பகுதி பெண் வகையின் உருண்ட குரோமோசோமின், ஒத்த (homogenous) ஜீன்கள் மற்றொன்றின் ஒத்த ஜீன்களுக்கு நேர் பொருந்தும்படியாக நேருக்கு நேர் (relational parity) அமைகிறது. இது மைட்டோசிஸ் டிஎன்ஏ முறுக்கிழைகள் இரட்டிக்கும் போது நிகழ்கிறது. குறுக்கேற்றத்தினால் மறுசேர்க்கை (reunion) நிகழ்கிறது.

இரண்டாம் கோட்பாடு

''பிரதிப் பெருக்கு'' (copy choice) முறையில் நிகழ்கிறது. இரு டிஎன்ஏ முறுக்கிழைகளும் இரட்டிப்பதற்கு முன் ஒவ்வொன்றும் சுருளிலிருந்து விரிகின்றன (uncoiled) சேரக்கூடிய முறுக்கிழைகள், இரட்டித்து அதனுடைய மறு பிரதிகளில் உண்டாக்குகின்றன. குறுக்கெதிர் மாற்றத்தின் முடிவைப் போலவே இதிலும் நிகழ்கிறது. ஆனால் குரோமேட்டிட்கள் உண்மையில் குறுக்கெதிர் மாற்றம் செய்யவில்லை. செல் பிரிவின் (mitosis) போது ஒற்றை மயம் (haploid) திரும்பவும் பெருகிறது, இதற்கு பெல்லிங் கோட்பாடு (J. Belling) என்று பெயர்.



படம் 90.

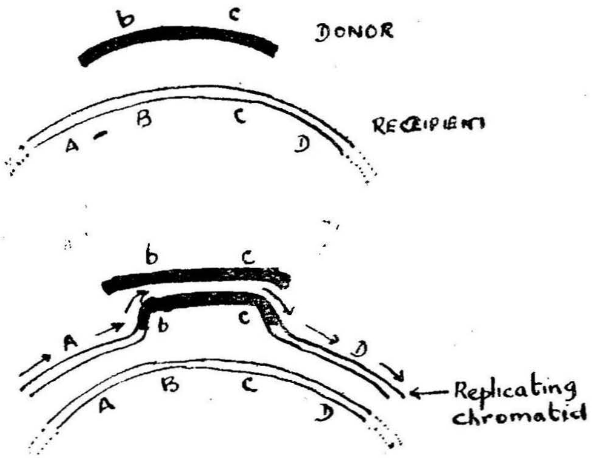
பேக்டீரியாவில் பிணைப்பும் குறுக்கெதிர் மாற்றமும் முதற்கொள்கை.

படம் (1) F, ஜீன் try C
(2) ,, gla A
(3) ,, pho
(4) ,, arg D

ஆண் குரோமோசோம் பெண் வட்ட குரோமோசோமுடன் இணைதல்.

ஆனல் இரு கோட்பாடுகளுக்கும் சோதனைச்சான்றுகள் இல்லை ஜேகபும் உல்மேனும் (Jacob & Wollman) இது பற்றி பல சோதனைகள் செய்துள்ளனர்.

இவ்வாறு குறுக்கேற்றம் இயங்கும் முறையைக் குறித்து அநேகக் கருத்துக்கள் உள்ளன. ஒரு வகைக்கு மேற்பட்ட முறைகள் குறுக்கேற்றத்திற்குக் காரணமாயிருக்கலாம்.



படம் 91
குரோமோசோம் இணைதல்.

குறுக்கெதிர் மாற்றம் அநேக உயிரினங்களில் காணப்படுகிறது. இம்முறை, மாறுதல்கள் ஏற்படுவதற்குக் காரணமாயிருக்கின்றபடியால் படிமலர்ச்சிக் கொள்கைக்கு (evolution) அடிப்படையாகவும், இன்றியமையாததாகவும் இருக்கின்றது.

12. நிலையான திடீர் மாற்றங்கள்
(Mutations)

1791-ஆம் ஆண்டு செத்ரைட் (Seth Wright) என்ற ஆங்கில உழவர் தம்முடைய ஆட்டு மந்தையில் ஒரு குள்ள ஆண் ஆட்டைக் கண்டார். அது குறுகிய கால்களுடன், உடற்கட்டு அழகற்றும் இருந்தது. அக்குள்ளமான ஆட்டைப் போல் எல்லா ஆடுகளும் இருந்தால், கற்சுவரை உயரமாகக் கட்டாமலும், அடைப்பு களுக்கு அதிகம் செலவு செய்யாமலும் இருக்கலாமே என்று கருதி ஞர். மேலும் அவை தாவிக் குதித்துப் பயிர்களை அழிப்பதும் குறைபடுமே என்றும் எண்ணினர். அம்மாதிரியான குள்ள ஆடுகளை மட்டும் மிகக்கவனமாக இனக்கலப்புச் (breeding) செய்து பயனும் கண்டார். அவ்வாறான குள்ள ஆடுகளுக்கு "அன்கான் வம்சம்" (Ancon Breed) என்று பெயரிட்டார்.

இம்மாதிரியான குள்ள ஆடுகள் உண்டாவதற்கு ஒடுங்கும் நிலையான திடீர் மாற்றங்களே (recessive mutations) காரணம் என்றும் அவர் கூறினர். 1925-ஆம் ஆண்டு நார்வேயிலும் இம் மாதிரி ஆடு ஒன்று மற்றொரு மந்தையில் காணப்பட்டது. தென் அமெரிக்காவில் ஆரஞ்சு மரக்கிளைஒன்றில் விதையற்ற ஆரஞ்சுகள் வளர்ந்ததைக் கண்டார்கள். முதலில் வளரும் பூக்களிலிருந்து பழம் உண்டாகி, அது உடையப் பெற்று, அதைச் சுற்றி இரண் டாம் கனிகள் வளர்ந்தன. அவ்வாறு வெடித்த பகுதிக்கு மேல் மற்றொரு பழம் கதுப்பாகவே வளர்ந்தது. இதுவும் மேற்கூறிய குள்ள ஆடு போன்றது என்று கருதினர்கள். மேலும் பல புது மாதிரியான சோதனைகள் மூலம் புதுப்புதுச் செடிகள் உண்டாவது பற்றி 1901-ஆம் ஆண்டு ஹியூகோடீவரிஸ் (Hugo De Vries) என்ற தாவரயியல் வல்லுநர் நன்கு விளக்கினர்.

அந்தி மந்தாரை என்ற ஈனோத்தீரா எலமார்க்கியானு (Oerothera hamarckiana) செடியின் பூவில் அவர் பல வண்ணங்களைக் கொண்டு அவர் நிலையான திடீர்மாற்றங்களை விளக்கினர். மேலும் 1910-ஆம் ஆண்டு டி. எச். மார்கன் (T.H. Morgan)

என்பார் கொலம்பியா பல்கலைக்கழகத்தில் தாம் ஆராய்ந்த சோதனைகளின் மூலம் (டுரோசோஃபைலாவின்) பழப்பூச்சியின் பல் வேறு கண்களின் நிறங்களைக் கண்டு காரணத்தையும் விளக்கினர். எச். ஜே. முல்லர் (H. J. Muller) Xகதிர்கள் மூலமும், ஆவர்பாக் (C. Auerbach) என்பவர் சில வேதியியற் பொருள் தூண்டிகள் மூலமும் சில பூச்சிகளிலும், தாவரங்களிலும் நிலையான திடீர் மாற்றங்களை உண்டாக்கினர்கள். மேற்கூறியவற்றிற்குக் குரோமோசோம் அல்லது ஜீன்களில் ஏற்பட்ட நிலையான திடீர் மாற்றங்களே காரணமென்று எல்லோரும் கூறினர். அக்காலத்தில் இவ்வாறுன மாற்றங்களுக்கு ஸ்போர்ட் (sport) என்று பெயர்.

சுருக்கமாக மியூட்டேஷன் வரலாற்றைக் கூற வேண்டுமானல் நான்கு பிரிவுகளாகப் பிரித்து விளக்கலாம்.

I. **முதற்பகுதி** *(1900 — 1927)*: மெண்டல் செய்த சோதனைகள் டார்வினின் பான்ஜெனிசிஸ் கோட்பாடு (Pangenesis Theory), டிவரிஸ் கொள்கை, மார்கன்-முல்லரின் ஆய்வுகள்.

II. **இரண்டாம் பகுதி** *(1927 — 1945)*: முல்லர், ஸ்டேட்லர் X-கதிர்கள் மூலம் மியூட்டேஷன்கள் உண்டு. பண்ணல், குரோமோசோம்களின் பிரட்சிகள், ரேடியோ வேதியியற் பொருள்களின் பயன், வேதிபியல் தூண்டிகளைப் பயன் படுத்துதல் முதலியன.

III. **மூன்றும் பகுதி** *(1945 — 1953)*: வேதியியல் மியூட்டேஷன்கள் நுண்ணிய உயிரிகளின் மரபியல் (பேக்டிரியா, வைரஸ்களில்), இரண்டாம் உலகப்போரில் பயன்படுத்திய வேதியியற் பொருட்களின் விளைவுகள், மியூட்டேஷன்களுக்கு வேதியியல் விளக்கங்கள், வாட்சன்கிரிக் கண்ட டிஎன்ஏ-யின் மாற்றங்கள் முதலியன.

IV. **நான்காம் பகுதி** *(1953 — 1970)*: வாட்சன் — கிரிக் விளக்கிய டிஎன்ஏ-யின் மூலம் மியூட்டேஷன் விளக்கம், இரட்டித்தல், பேக்டிரியோஃபேஜ்களின் மூலம் விளக்கங்கள், மியூட்டேஷன்களைத் தூண்டி வைத்தியத்துறையில் (ஸ்ட்ரெப்டோமைசின்) பயன்படுத்துதல்.

rII, T4 ஜீன்களின் விளக்கம்

ஜீன்களின் திடீர் மாற்றங்கள் இரு வகைகளில் ஏற்படும் அவை யாவன :

I. நிலையான தன்னியல் திடீர் மாற்றங்கள் (spontaneou mutations).

II. நிலையான தூண்டியல் மாற்றங்கள் (induced mutation)

I. நிலையான தன்னியல் திடீர் மாற்றங்கள்

தனிப் பண்புகள்: (அ) ஒரு குறிப்பிட்ட ஜீனின் (மரபணுவின்) மாற்றம் திரும்பத் திரும்ப நடைபெற்றுக் கொண்டிருக்கும் (recurrent) காலப்போக்கில் ஒரு குறிப்பிட்ட ஜீனின் மாற்றம் திரும்பவும் நிகழ்வதைக் காணலாம். இன்று காணப்படும் ஒரு குறிப்பிட்ட ஜீனின் மாற்றம் கடந்த காலத்தில் பல தடவைகள் நடந்திருக்கக்கூடும். (ஆ) திடீர் மாற்றம் நடைபெறுவது அந்த ஜீனின் நிலையான தனித் தன்மையைப் பொறுத்தது (stability). (இ) திடீர் மாற்றங்கள் சில சமயங்களில் பழைய நிலையை அடையக்கூடிய (reversible). (ஈ) இவற்றிலிருந்து ஒரு குறிப்பிட்ட ஜீனின் பல மாற்றங்கள் பல்கூட்டு அல்லீல்களாக மாறுகின்றன (multiple alleles).

மேற்கூறிய இருவகைகளில் ஏற்படும் மாற்றங்களையே நிலையான திடீர் மாற்றங்கள் அல்லது மியூட்டேஷன்கள் என்று பழக்கமாகக் கூறுவதுண்டு. ஆனால் வேறு வகைகளில் கூட இம்மாற்றங்களை வகைப்படுத்துவதுமுண்டு. அவையாவன:

1. ஜீன்களின் மாற்றங்கள் அல்லது புள்ளி மாற்றங்கள் (point mutations).

II. குரோமோசோம்களின் எண்ணிக்கையில் மாற்றங்கள் (numerical changes) இவை கீழ் கண்ட முறையினால் நிகழும்.

1. குரோமோசோம் செட்டுக்களின் பல மயம் (polyploidy) ஒற்றை மயம் (haploidy) எண்ணிக்கைகள் கூடுவது அல்லது குறைவது.

2. முழுமையான குரோமோசோம்களின் செட்டில் கூடுதல் அல்லது குறைதல் (ஹெட்டிரோ பிளாய்டி heteroploidy).

3. குரோமோசோம்களின் பகுதிகளில் (segments) மாற்றங்கள் (structural changes) இவை கீழ்கண்ட முறைகளினால் நிகழும்:

1. ஒரே குரோமோசோமின் பகுதிகள் மாறியமைதல் (inversions).

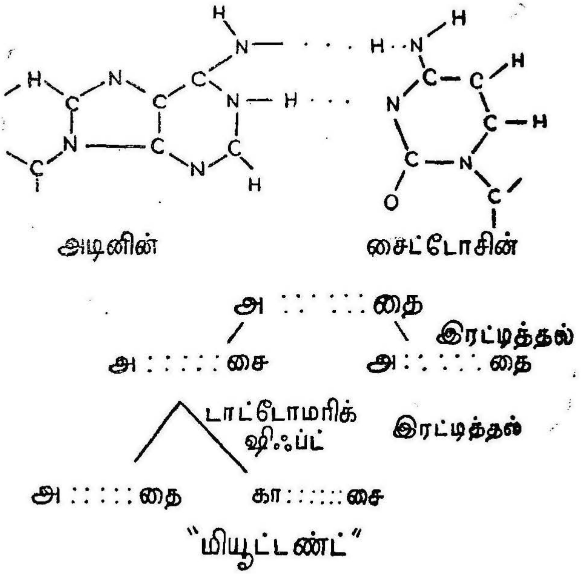
2. குரோமோசோம்களுக்கிடையில் பகுதிகள் மாறியமைதல் (translocation).

3. குரோமோசோம் பகுதிகள் ஒழிதலும், இரட்டித்தலும் (deletions and duplications).

மேற்கூறிய II, III பிரிவுகள் குரோமோசோம் பிரட்சிகள் என்ற தலைப்பில் விளக்கப்பட்டிருக்கின்றன. இங்குப் பொதுவாக, நிலையான திடீர் மாற்றங்களைப் பற்றிச் சில எடுத்துக் காட்டுகளுடன் ஆராய்வோம்.

வேதியல் அடிப்படையில் மியூட்டேஷன் (The Chemical Basis of Mutation)

மியூட்டேஷன் நிகழ்வது பற்றி வாட்சனும், கிரிக்கும் தங்கள் ஆய்வு வெளியீட்டில் குறிப்பிட்டுள்ளனர். அவர்கள் கண்டறிந்த டிஎன்ஏ அமைப்பை ஒட்டி என்னென்ன மாற்றங்கள் நிகழ்கின்றன என்பதே. டிஎன்ஏவை உற்பத்தி செய்வதில், சோடி அடிப்படைகள் (paired bases) எவ்வாறு ஹைட்ரஜன் பாண்டினால் (hydrogen bond) இணைந்துள்ளன என்பதைப் பொருத்திருக்கிறது. அடினின் (adenine) மாலிக்கூல் எப்போதும் தைமினுடனும்(thymine) கானின் (guanine) சைட்டோசினுடனும்(cytosine) இணைவது விதியாகும். இவ்வாறு இணைவதில், டிஎன்ஏ இரட்டிப்பதற்கும், அதன் வார்ப்புகள் (template) தயாரிப்பதற்கும் ஏதுவாக அமைகிறது. சில சமயங்களில் இவ்வடிப்படைகள் இயங்கு சமநிலை மாற்று அல்லது டாட்டோமெரிக் ஷிஃப்ட் (tautomeric shift) மூலம் மாறியமைவதுண்டு. (உ-ம்) படம் 92ல் காட்டியது போல் அடினினுடைய ஹைட்ரஜன் அணு (hydrogen atom = H) தான் சேரவேண்டியதுடன் (complimentary strand) சேராமல் சேருவதுண்டு. இதனால் இரட்டித்தலின் போது அடினின் எப்போதும் போல் தைமினுடன் சேராமல், சைட்டோசினுடன் சேருகிறது. இந்நிகழ்ச்சி எதிர்பாராமல் விதி விலக்காக நிகழ்கிறது. அதனால் அடுத்த இரட்டித்தலின் அடினின், தைமினுடன் சேரும் என்று எதிர்பார்க்கப்படுகிறது. தைமினுக்கு பதிலாக சைட்டோசின் நுழைவதால் இது கானினுடன் சேரும். இதனால் சைட்டோசினுடன் கூடிய வழி வழித் தோன்றிகள் அடினின் தைமினின் சோடிக்குப் பதிலாக கானின் சைட்டோசினின் சோடியைப் பெறுகிறது. ஜீன் சோடின் இப்புள்ளியியல் மாற்றம் ஏற்படுகிறது. இம்மாதிரி பல மாற்றங்கள் நிகழ்கின்றன.



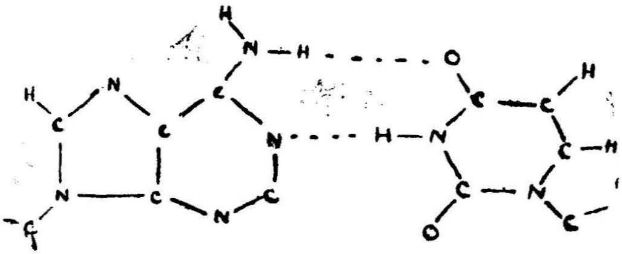
படம் 92.
மியூட்டண்ட் உண்டாகுதல்.

இவ்விளக்கமானது திடீரென்று, நிலேயான திடீர் மாற்றம் அல்லது மியூட்டேஷன் நிகழ்வதையும் அது டிஎன்ஏ இரட்டித்தலின் போது பிரதிப் பிழைகள் (copy errors) உண்டாவதினுல் நிகழ்கிறது என்றும் கூறுகிருர்கள். இம்முறையில் மியூட்டேஷன் ஏற்படுவதுடன், டிஎன்ஏ சேர்க்கை நிகழாத போதும் கூட இது நிகழலாம். உதாரணமாக டுரோசோஃபைலாவின் விந்தணுக்கள் சேர்த்து வைத்துள்ள போதும் பாக்டீரியா பிரியாத நிலேயிலும் இது நிகழக்கூடும். பல வேதியியற் மியூட்டாஜன்கள் செயல்களே நோக்கும் போது சில மியூட்டாஜன்கள் இரட்டிக்காத டிஎன்ஏ யிலும், நேரடியாக மியூட்டேஷன்களே உண்டு பண்ணுகின்றன. ஆகவே 'பிரதிப்பிழைகளும்' நேரடி ஜீன் செயல்களும் திடீர் மாற்றங்களே உண்டு பண்ணக்கூடியன.

I. நைட்ரஸ் வாயு மூலம் தூண்டல்

நேரடியாகச் செயலாற்றும் மியூட்டாஜனுக்கு எடுத்துக்காட்டாக நைட்ரஸ் வாயுவைக் கூறலாம். ஃபேஜ்களில் (phages)

நைட்ரஸ் வாயுவைச் செலுத்தியபின் பாக்டீரியாக்களில் வளரச் செய்தால் பல ஃபேஜ்கள் மியூட்டண்ட்களாக மாறிவிடுகின்றன. வெகு கவனத்துடன் இம்மியூட்டண்ட்களாக மாறிவிடுகின்றன. வெகு கவனத்துடன் இம்மியூட்டண்ட்களின் சந்ததிகளைப் பார்த்தால் உள்ளபடியே அவைகள் அரை மியூட்டண்ட்களாக (half mutant) இருக்கின்றன. அதாவது பாதி சந்ததிகள் சாதாரணமாகவும் (normal) பாதி சந்ததிகள் மியூட்டண்ட்களாகவும் இருக்கின்றன. இவ்விரண்டு வகையில் ஒன்றினுடைய டிஎன்ஏ முடுக்கிழையில் (strand) வேதியியற் மாற்றம் தூண்டப்பட்டிருக்கிறது. இரட்டித்தலின் போது, மாறிய முறுக்கிழைகளின் டிஎன்ஏ மியூண்ட்டண்ட் சந்ததிகளையும், மாறுதன, சாதாரண சந்ததி

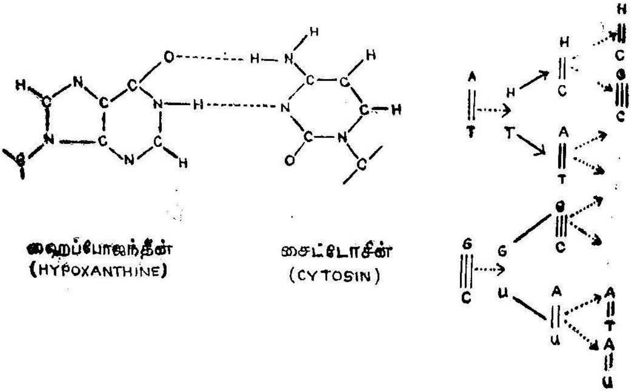


படம் 93.

ப்யூரின் - பிரிமிடின் பேஸ்கள்.

களையும் உற்பத்தி செய்துள்ளன, தூண்டப்பட்ட மியூட்டண்ட்களின் நிகழ்வெண், நைட்ரஸ் அமில வாயுவில் வைக்கும் (treatment) நேரத்திற்கு நேர் விகிதமாக இருக்கிறது. இதன் முடிவு, ஒரு தனி மியூட்டண்ட்டை உண்டுபண்ண ஒரு தனி வேதியச் செயல் (single chemical event) போதும் என்று தெரிகிறது. 94-ம் படத்தில் காட்டப்பட்டுள்ளதில் இவ்வாயுச் செயலின் நுட்பத்தைக் கவனிக்க. இது சரி என்றால், நைட்ரஸ் வாயு டி அமினேஷன் (deamination) முறையினால் அடினினை, ஹைப்போஜேந்தீனாகவும் சைட்டோசினை யூராசிலாகவும் மாற்றுகிறது. இரட்டித்தலின் போது ஹைப்போஜேந்தீன் அடினினைப் போல் இல்லாமல் கானினைப் போல் பழகியதும், யூராசில், சைட்டோசினைப் போல் இல்லாமல் தைமினைப் போல் பழகியதும், முடிவில் இம்மாற்றங்கள், டிஎன்ஏ சேர்க்கை சுழற்சிக்குப் பிறகு, A-T சோடிகளை G–C சோடிகளாகவும் (adenine to hypoxanthine to guanine) G-C சோடிகளை A-T சோடிகளாகவும் (cytosine to uracil to thymine) மாற்றி அமைக்கின்றன. இவ்வேதிய மாற்றங்களில்,

ஒரு பியூரின் மற்றொரு பியூரினையும் அவ்வாறே ஒரு பிரிமிடின் மற்றொன்றையும் மாற்றுகிறது (படம் 93). இச்செயலுக்கு மாற்று

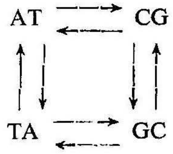


படம் 94.

ப்யூரின்—பிரிமிடின் பேஸ்கள்.

நைட்ரஸ் அமில வாயு மியூட்டாஜன்களை உண்டாக்கும் நுட்பம்.

இடையீட்டு நிலைகள் (transitions) என்று பெயர். அவ்வேதியியற் காரணமாக மாறும் மியூட்டேஷன்களுக்கு மாற்று இடையீட்டு மியூட்டேஷன்கள் (transition mutations) என்று பெயர். பேஸ் சோடிகள் மாற வாய்ப்பு வகைகள் இங்கே தரப்பட்டுள்ளது.



2. அல்கலேட்டிங் ஏஜன்ட்கள் மூலம் தூண்டல்

இரட்டித்தல் நிலையில்லாத டிஎன்ஏவைத் தூண்ட நைட்ரஜன் (nitrogen) மஸ்டார்டு (mustard) அல்லது ஈத்தைல் ஈத்தேன் சல்ஃபோனேட் (ethyl ethane sulphonate) போன்ற மியூட்டாஜன்களைப் பயன்படுத்தலாம். இவைகள் வேலை செய்வது மேற்கூறிய நைட்ரஸ் வாயுவைப் போன்றிருக்காது. ஏனெனில் ஃபேஜ்களிலும், உயர் விலங்குகளிலும் இவைகள்

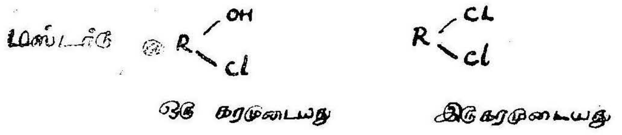
தாமதித்து மியூட்டேஷன்களை (delayed mutation) உண்டு பண்ணும். விந்துக்களில் நைட்ரஜன் பாய்ச்சப்பட்டு அம் முறையினால் அடைந்த டுரோசோஃபைலா சந்ததிகள் பெரும்பாலும். பல் வண்ணமாக (mosic) இருக்கின்றன. கருமுட்டையின் (zygote) குரோமோசோம்களை நைட்ரஜன் பல தடவை தாக்கியதினால் (treatment) ஏற்பட்ட மியூட்டேஷன்கள் என்பதைக் குறிக்கிறது. பல தடவை இரட்டித்தலுக்குப் பின்தான், ஃபேஜ்களிலும் இவைகளின் தூண்டல் மியூட்டேஷன்களை உண்டாக்குகின்றன. டி என் ஏ, பல தடவை இவ்வேஜண்டுகளினால் தாக்கப்பட்ட பின் பல சந்ததிகளில் பிரதிப்பிழை மியூட்டேஷன்கள் (copy error mutations) ஏற்படுவதினால் இத்தாமதம் ஏற்படுகிறது. இவ் வேதிச் செயலெதிர்ச் செயலுக்குக் காரணம், கானினுடன் ஒரு ஈத்தைல் குருப்(ethyl group)சேருவதுதான். இந்த ஈத்தைல் குருப் ஏறிய பிறகுதான் கானின், டிஎன்ஏயிலிருந்து அறுபடுகிறது (broken) இவ்வாறாக அறுபடும்போது, இடையில் ஓர் இடைவெளி (gap) உண்டாகிறது. அவ்விடை வெளியே அடினின், சில சமயங்களில் நிரப்புகிறது. அதனால்தான் ஆல்கலேட்டிங் மியூட்டாஜனிக் ஏஜன்ட் தாமதித்து வேலைசெய்கிறது.

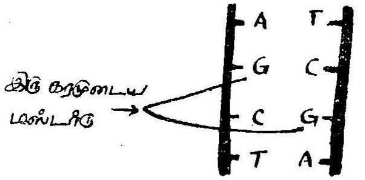
ஆல்கலேட்டிங் ஏஜன்ட் மூலம் தூண்டப்படலுக்கு எடுத்துக் காட்டு:

அயனக்கதிர்கள் மூலமும், வேதியப் பொருட்கள் மூலமும் மியூட்டேஷன்கள் உண்டாகத்தூண்டப்பெறுதல் தெரிந்ததே. எடின்பரோவைச் சேர்ந்த டாக்டர் C. ஆர்பாக்கும் (Dr. C. Auerbach) அவருடன் உழைத்த டாக்டர்கள் ராப்சன், காரும் (Robson and Carr) மஸ்டர்டு வாயு (mustard gas) வைக் கொண்டு மியூட்டண்ட்களை உண்டாக்கினர். மஸ்டர்டு வாயுவில் (கடுகுவாயு) கந்தகமும் (sulphur), குளோரினும் (chlorine) இருக்கின்றன. இதை முதலாம் உலக மகாயுத்தத்தில் பயன்படுத்தினர். ஏனெனில் இது உடற் காயங்களை (X-ரே போன்று) ஏற்படுத்தும்; மியூட்டேஷன்களையும் உண்டாக்கும். இதன் கூறுகள் (constituents) உடற் செல்லின் டிஎன்ஏயுடன் சேரவல்லது. இது கானின் பேஸுடன் சேர்ந்து அதன் கோடை (code) மாற்றக் கூடியது.

மற்றொரு முறையிலும் இது வேலை செய்கிறது. மஸ்டர்டு சேர்மத்தில் (compound) இருவகை உண்டு 1. ஒரு கரமுடையது (one armed). 2. இரு கரமுடையது (two armed) குளோரின்

அணுக்கள் இருப்பதற்கு தக்கவாறு இவைகள் வேலை செய்கின்றன. இரு கரமுடையது, மிக வேகமுடையது. 95ம் படத்தைக் கவனிக்க.





படம் 95.

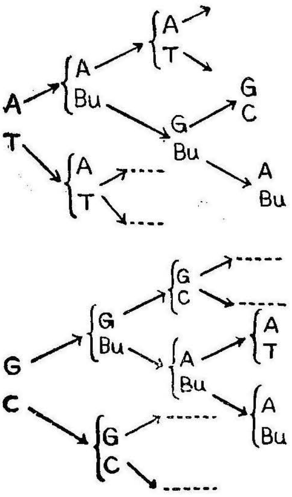
இரு கரமுடைய மஸ்டர்டு அடுத்துள்ள டிஎன்ஏயின் கானின்களுடன் இணைந்துள்ளது.

ஒரு கரமுடைய அதாவது ஒரு குளோரின் அணு கொண்டுள்ள மஸ்டர்டு, டிஎன்ஏயுடன் ஒரு புள்ளியில்தான் செயல் புரியும். ஆனால் இரு கரமுடைய மஸ்டர்டுகள் இருதரம் (twice) வேலை (react) செய்யும். புருக்ஸும் லாலியும் (Brookes and Lawley) படத்தில் குறிப்பிட்டது போல் விளக்கினர். இருகரங்களும் டிஎன்ஏயின் ஒவ்வொரு முறுக்கிழையிலும் (strand) உள்ள கானினுடன் சேர்ந்து வேலை செய்கின்றன. இவ்வாறு சேரும் போது இரு முறுக்கிழைகளுக்கு மிடையில் ஒரு புதுப்பாலம் அமைவதால் டிஎன்ஏ மாலிக்கூல் இரட்டித்தலில் தடை ஏற்படுகிறது. இது பற்றி மேலும் ஆராய வேண்டிய நிலையிலிருக்கிறோம்.

3. பேஸ் அனலாக் மூலம் தூண்டல்

மேற்கூறியவைகளுக்கு மாறாக, பேஸ் அனலாக் மூலம் தூண்டுதல், டிஎன்ஏச் சேர்க்கையின் போதுதான் மியூட்டேஷன் உண்டாக்க முடியும். 5-புரோமோ யூராசிலை (5 பு யூ–5- bromo uracil 5–Bu) பேஸ் அனலாகிற்கு உதாரணமாகக் கூறலாம். இது தைமினின் அனலாக் ஆகும். டிஎன்ஏயில் இதை

தைமினுக்கு பதிலாகச் சேர்க்க முடியும். 5 Bu, சில சமயங்களில் கானினுடன் சேரும் டிஎன்ஏயில் 5Bu தைமீன் உள்ள இடத்தில் சேரும் போதும், அல்லது தைமின் 5Bu உள்ள இடத்தில் சேரும் போதும் மியூட்டேஷன் உண்டாகிறது. அடுத்து இரட்டிக்கும் போது அடினினுடன் சேருவதற்குப் பதில் கானினுடன் சேரும். அதாவது அதன் முடிவு A–Tயிலிருந்து G-C ஆகிறது. டிஎன்ஏயில் 5 Bu கானினுடன் இணைவதுமுண்டு. இப்படி நிகழ்ந்தால், அடுத்த இரட்டித்தலில், சாதாரணமாக நிகழ்வதுபோல் அடினினுடன் சேரும். இதனால், படத்தில் காட்டியபடி G-C யிலிருந்து A–Tயாக மாறும்.



படம் 96.

மேல் : 5 புயூ மியூட்டாஜனின் நுட்பமாற்றச் செயல்கள் வார்ப்பு மாற்றம் (template transition).

கீழ் : அடிப்படை மாற்றம் (substrate transition).

2 அமினோ பியூரின் (2-aminopurine) என்ற மற்றொரு பேஸ் அனலாக் ஆகும். மியூட்டாஜனாகப் பயன்படுகிறது. இதுவும் அநேகமாக 5 Bu போலவே வேலை செய்யும்.

4. முன்னிலை மீளல் மூலம் தூண்டல் (Reversion of Mutaion)

மற்றொரு ஏஜன்ட் மூலம் தூண்டப்பட்டால் சில வேதியற் பொருட்களைக் கொண்டு அம்மியூட்டேஷனைத் திரும்பி அடையச் செய்யலாம் அதனால் அதற்குரிய வேதியலமைப்பு தெரிந்திருக்க வேண்டும். T_4ன் rII மியூட்டண்ட் பற்றி செய்த ஆய்வின் காரணமாக E. ஃபிரீஸ் (E. Freese) கொடுத்துள்ள விவரங்களை அட்டவணையில் காண்க. புரோஃபிளேவின் (proflavine) தவிர மற்ற வேதிய மியூட்டாஜன்கள் மாற்று இடைகரு நிலை மியூட்டேஷன்களை (transition mutations) உண்டாக்குகின்றன. எல்லாவற்றையும், பேஸ் அனலாக்குகளை கொண்டு மாற்றவும் முடியும்.

5. புரோஃபிளேவின் மூலம் தூண்டல்

T4 ஃபேஜின் r II பகுதியில் திடீரென்று தோன்றுவனவும் (spontaneous) புரோஃபிளேவின் (proflavine) மூலம் தூண்டப் படுவனவும் மாற்று இடையீட்டு நிலை மியூட்டேஷன்களல்ல. ஏனெனில் அவைகள் பேஸ் அனலாக்குகளைக் கொண்டு (analogues) மீண்டும் முன்னிலையை அடைய முடியாது. புரோஃபிளேவின் அல்லது திடீரென்று தோன்றுதலின் மூலம் தூண்டப் பெற்றால் அதே போன்ற மாற்ற இடையீட்டு நிலைக்கு ரீபோஃபிளேவின் திரும்பவும் கொண்டு வருவது நின்றுவிடுகிறது.

மரபு வழிமூலம் அனுப்ப முடியாத மியூட்டண்ட்

களுக்கு (non transmission mutant) இரு வித விளக்கங்கள் தரப் பட்டுள்ளன. பியூரினுக்கு பதிலாக பிரிமிடீன் அல்லது அதற்கு இதுவாக (vice versa) பேஸ் பரிமாற்றம் நடைபெறும். இதற்கு நேர்நிலை திரும்பும் மியூட்டேஷன்கள் (transversion mutations) என்று பெயர். மாற்று வகையாக மியூட்டேஷனில், பேஸ்கள் சேர்க்கை (addition) அல்லது நீக்கல் (deletion) நிகழலாம். ஃபேஜ்களில் நிகழும் புரோஃபிளேவின் மூலம் அல்லது திடீரென்று தோன்றுதல், போன்ற தூண்டல்களின் மூலம் ஏற்படும். மியூட் டேஷன்கள் சேர்க்கை அல்லது நீக்கல்களினால்தான் நிகழ்கின்றன என்பதற்கு மறைமுகச் சான்றுகள் உள்ளன. நேர்நிலை திரும்பும் மியூட்டண்ட்கள் உள்ளனவா என்பதற்கு செய்முறை விளக்கம் தரப்படவில்லை. சேர்க்கை அல்லது நீக்கல் மியூட்டேஷன் ஒரு சிலவற்றில்தான் நிகழும். ஏனெனில் பாக்டீரியா போன்ற வற்றில் காணப்படும் திடீரென்று தோன்றும் மியூட்டேஷன்கள் இவ்வகையைச் சேர்ந்தனவல்ல. அவைகளெல்லாம் மாற்று இடையீட்டு நிலை மியூட்டேஷன்களே (transition mutations).

மியூட்டேஷன்களின் நுட்பச் செயல்களைப் பற்றி நாம் அறிந் துள்ளது மிகக்குறைவே. அதைப் பற்றிய உட்பொருள் விளக் கங்கள் பெரும்பாலும் ஊகங்களே. இருப்பினும் தற்போது மியூட்டேஷன்களை வேதியல்—பௌதிகவியல் முறையில் விளக் கவும் முடியும். ஜீனைப்பற்றிய வேதியல் அமைப்பும் அதை மாற்றி அமைக்கும் ஏஜன்ட்களைப் பற்றியும், அறிவு வளர்ச்சி அதிகப்பட்டுள்ளதால், பௌதிக அறிவியலைக் கொண்டு முன் கண்டறியாத மியூட்டேஷன்களின் விளக்கங்களை ஆய்ந்து காண வேண்டும்.

எ. கா. 1: ஈனோத்தீரா லெமார்க்கியானு (Eenothera Lamarckiana)

என்ற செடிகளில் இம்மாதிரியான மாற்றங்களைக் காணலாம். இச் செடிகள், அமெரிக்காவில் முதலில் சாலையோரங்களில் தோன்றினாலும் ஹாலந்து போன்ற மற்ற நாடுகளிலும் காணப் படுகின்றன. அங்கு இவை, களைச்செடிகள் போல் (weeds) வளர்ந்துள்ளன. டீவரிஸ் என்ற விஞ்ஞானி இச் செடியைப் பயன்படுத்திப் பல்வேறு தோற்றங்களில் மாறுபடச் செய்தார். உயரம், நிறம் போன்ற பண்புகளைக் கொண்டு அவர் ஆராய்ந்தார், சில செடிகள் சாதாரணச் செடியைவிடப் பெரியனவாகவும், (O. Gigas) இன்னும் சில சிறியனவாகவும் (O. Nanella) நிற வேறு பாட்டுடனும் இருந்தன. இவ்வேறுபாடுகளுக்குக் காரணம் ஜீன்களில் ஏற்பட்ட மாற்றங்களே என்றும், அம்மாற்றங்கள் அச் செடியின் வழித்தோன்றிகளில் நிலைத்து விட்டன என்றும் கண்டார். ஆனுல் அவர் எண்ணியது போல் ஜீன்களின் மாறு பாடு காரணம் அன்று என்றும், குரோமோசோம்களின் எண் ணிக்கை மாறுபாடே காரணம் என்றும் பின்னுல் தெரிய வந்தது. சாதாரணச் செடியின் குரோமோசோம் எண்ணிக்கை 41 ஆகும். பெரிய செடிகளில் குரோமோசோம்களின் எண் ணிக்கை 28 ஆகும். குரோமோசோம்கள் இரட்டிப்பாக இருந் ததினுல் பெரியனவாகக் காணப்பட்டன என்று தெரிகிறது. திடீரென்று எண்ணிக்கை மாறுபட்டதே இதற்குக் காரண மென்றும், அப்பெரிய செடியின் வழித்தோன்றிகளில் அவ் வெண்ணிக்கை நிரந்தரமாகத் தென்பட்டது என்றும் தெரிகிறது. இத் திடீர் மாறுபாட்டைத்தான் டீவரிஸ் நிலையான திடீர் மாற்றம் அல்லது மியூட்டேஷன் (mutation) என்று கூறினர்.

எ. கா. 2: டுரோசோஃபைலா மெலானோகேஸ்டர் (Drosophila Melanogaster)

என்ற பழப்பூச்சியின் கண்கள் சதாரணமாகச் சிவப்பாக இருக்கும். அவற்றிற்கிடையே வெள்ளைக் கண்களும் காணப் பட்டதை 1909-ஆம் ஆண்டு டி. எச். மார்கன் (T. H. Morgan) என்ற விஞ்ஞானி கண்டார். அவர் அதைப்பற்றி ஆராய்ந்ததில் பால் குரோமோசோம்களின் × குரோமோசோமில் ஏற்பட்ட ஒரு ஜீனின் திடீர் மாற்றமே இதற்குக் காரணம் என்று கண்டார். சிவப்பு நிறத்தை உண்டாக்கும் நிறமிகள் (pigments) உண்டாகாமல் போனதே இதற்குக் காரணமாகும். இதற்குரிய ஜீன்களின் மாற்றம் வெள்ளைநிறக் கண்ணுகை நிலைத்து விட்டது.

அட்டவணை

r II ல் நடத்திய ஆய்வின் வேதியற் மியூட்டாஜன்களும், பேஸ் அனலாக்களும்

r II மியூட்டண்டை தூண்டும் பொருட்கள்	% மியூட்டண்ட்கள் திரும்பப் பெறுதல் எதிலிருந்து AP/or Bu	% மியூட்டண்ட்கள் திரும்பப் பெருத வைகள் எதிலிருந்து AP/or Bu	% மியூட்டண்ட்கள் திடீரென்று தோன்றியவைகள்	சோதனை செய்த மியூட்டண்ட் எண்ணிக்கை
1. 2 அமினோ பியூரின் (AP)	98	2	2	98
2. புரோமோயூராசில்(BU)	95	5	2	64
3. நைட்ரஸ் வாயு	87	13	15	47
4. ஈதைல் ஈத்தேன் சல்ஃபோனேட்	70	30	10	47
5. புரோஃபிளேவின்	2	98	–	55
6. திடீர் தோன்றல் (spontoneous)	14	86	–	110

இந்நிறக் கண்கள், வழித்தோன்றிகளிலும் தென்பட்டதால் சிவப்புநிறக் கண்கள் இனத்துடன், இப்புது இனமும் காணப் பட்டது. இம் மாற்றம் ஜீனில் ஏற்பட்டதால் இதற்குப் புள்ளி மியூட்டேஷன் (point mutation) அல்லது ஜீன் மியூட்டேஷன் (gene mutation) என்று பெயர். இவ்வாறே மற்ற உறுப்புக் களிலும் கால், உணர்கொம்பு போன்றவற்றிலும் திடீர் மாறு தல்கள் ஏற்படுவதுண்டு.

டுரோசோஃபைலாவில்

பீடிலும், போரிஸ் எஃப்ரூசியும் (Beadle and Boris Ephrussi in Paris) கண்நிறமிகள் உண்டாவதில் கீழ்கண்ட படிகளை நிர்ண யித்தனர்.

ஹைட்ராக்சி கைனூரினின் | ஓமோகுரோம் நிறமி.

Cn + பொருள் ஜீன் Cn+ என்சைம்

கைனூரினின்

V+ பொருள் ஜீன் V+ என்சைம்

டிரிப்டோபேன்

ஜீன் V +

டிரிப்டோபேன் (tryptophane) → (என்சைம்) கைனூரினின் (kynurenine) → (ஜீன் Cn +)

3 ஹைட்ராக்சிகைனூரினின் (3 hydroxykynurenine)

↓

ஓமோகுரோம் நிறமிகள் (ommochrome pigment)

இதில் V என்ற ஒடுங்கும் ஜீன் கைனூரினின் உண்டாவதை தடுக்கும் சக்தியுடையது. Cn, கைனூரினினிலிருந்து ஹைட் ராக்சி கைனூரினின் உண்டாவதைத் தடுக்கும் சக்தியுடையது.

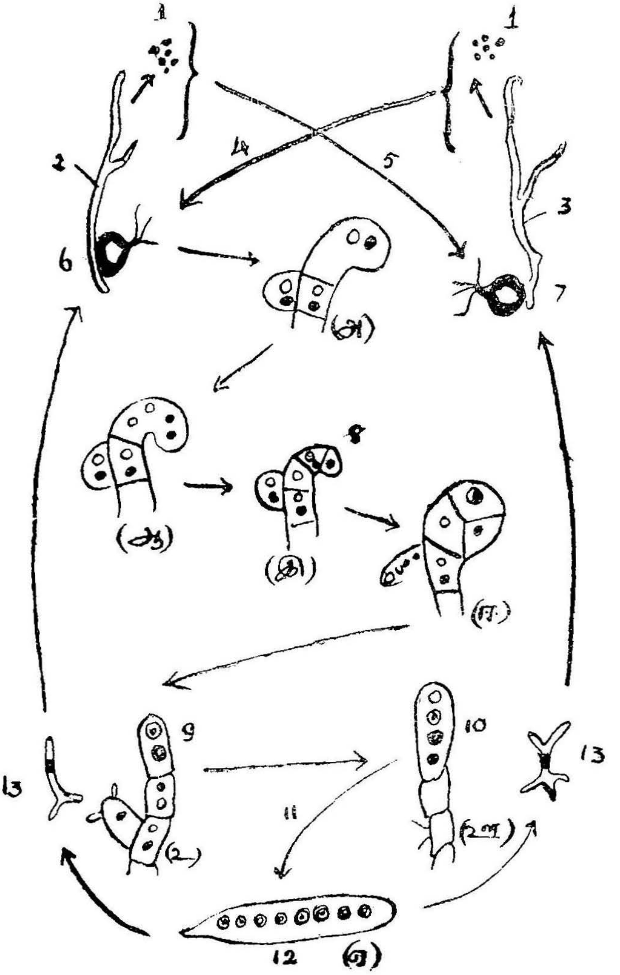
(V = Vermilion; Cn = Cinnabar)

எ. கா. 3: நியூரோஸ்போராக்ராசா
(Neurosporaerassa)

என்ற ரொட்டிக் காளானில் (pink bread mould) ஏற்படும் திடீர் மாற்றங்களினால் உயிர் வேதியியல் (biochemical) முறைப்படி செல்கள் பாதிக்கப்படுகின்றன. இதனுடன், தான் பெறும் உணவின் தன்மையும் மாறிக் கொள்கிறது. பி. ஓ. டாட்ஜ்

(B. O. Dodge) என்பவர் இதில் மரபியல் வேறுபாட்டை விளக்கினார். பீடிலும், டாட்டமும் (G. W. Beadle and E. L. Tatum) 1945-ஆம் ஆண்டு அம்மாற்றங்களைக் காண ஒரு யுக்தியான வழியைக் கண்டுபிடித்தார்கள். சாதாரணமாகத் தேவைப்படும் ஊட்டச் சத்து ஊடகத்துக் காணப்படாத வேதியியற் பொருள் இம்மாற்றமேற்படும் நியூரோஸ் போராவிற்குத் தேவையானதாகக் கண்டார். வெஸ்டர்கார்டு (Westergaurd) என்பவர், அதற்குத் தேவையான வேதியியற் பொருள் என்ன என்று கண்டுபிடித்தார். பல்வேறு வளர்ப்புக்கள் (culture) மூலம் இவர் எந்த வித வைட்டமின் தேவைப்பட்டது என்றும், அந்த வைட்டமின் எந்த ஜீனால் ஆளப்படுகிறது என்றும் விளக்கினார். படிப்படியாக மாறுதலடையும் போது எந்த ஒரு ஜீனாவது இல்லாது போனால் என்னவாகும் என்றும் விளக்கினார். உதாரணமாக அடினின் இல்லாது போனால் (adenineless) அதன் ஸ்போர்கள் (spores) வளரா. அடினின் சேர்த்தால்தான் காளான்களாக அந்த ஸ்போர்கள் வளரும் என்று கண்டார் (படம் 97).

ஜீன் ஆளுகைக்குட்பட்ட வளர்சிதை மாற்றச் செயல்களின் மூலம் அமினோ அமிலம் வைட்டமின் தயாரிப்பதைப் பற்றித் தெளிவான ஆராய்ச்சி நடத்தப்பட்டுள்ளது. நுண்ணுயிரிகளில் சில மியூட்டண்ட்கள், தங்கள் வளர்ச்சிக்குத் தேவையான முக்கிய பொருட்களை சேர்க்க முடியாத நிலையில் உள்ளன. ஊடகத்தில் வளரும் போது அதற்குரிய அமினோ அமிலம், வைட்டமின் இல்லாதிருந்தால் அதுவளரா. அம் மாதிரியானவைகளுக்கு "உணவூட்ட மியூட்டண்ட்கள் (nutrional mutants), என்று பெயர். பீடில் என்ற மரபியல் வல்லுநரும் டாட்டம் என்ற உயிர் வேதிய வல்லுநரும் இக்காளானில் ஆராய்ச்சி செய்து வெற்றி கண்டதிற்கு 1958ல் நோபல் பரிசு பெற்றனர். இவர்களின் ஆராய்ச்சியில் அடினின் தேவைப்பட்ட ஒரு காளான் மியூட்டண்டை கண்டனர். ஆய்வுக் கூடத்தில் நியூரோஸ் போராவை "அகர் தட்டுகளில்" (agar plate) வளர்த்தனர். அது வளரவேண்டிய ஊடகத்தில் சில உப்புகள் (NH_4 NO_3) சர்க்கரை (sugar), டார்ட்ரேட் (tartrate), பயோட்டின் (biotin) என்ற வைட்டமின் (காடிச்சத்து) இருக்க வேண்டும். இதற்கு a குறைந்த ஊடு பொருள் (minimal medium) என்று பெயர். ஆனால் பூரண ஊடுபொருள் என்பதில் (complete medium), குறைந்த ஊடு பொருட்களுடன், காடிச்சத்து மால்டும், மற்றும் சில அங்கக உப்புகளும் நியூரோஸ்போராவின் மைசீலியமும் (mycelium) இருக்கும். சில சமயம் குறைந்த ஊடுபொருளுடன் இருந்தால்



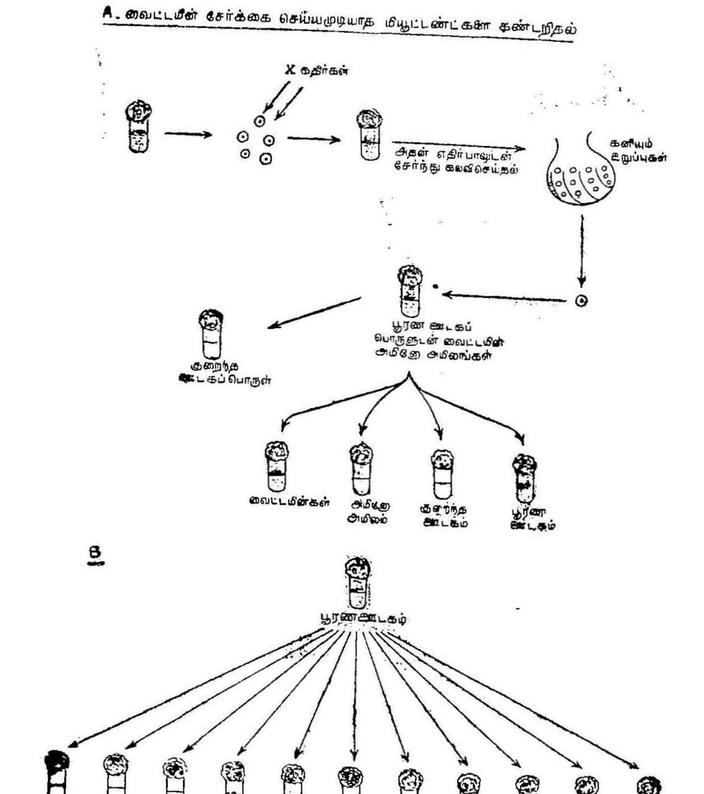
படம் 97.

நியூரோஸ் போராவின் வாழ்க்கைச் சுழற்சி.

1. கொனிடியா ; 2. ஹைஃபே [N] A டைப் ; 3. ஹைஃபே [N] Q டைப்; 4. Aயின் கருத்தரித்தல் ; 5. Qயின் கருத்தரித்தல் ; 6. புணரும் டைப் A [தாய் வழி] ; 7. புணரும் டைப் Q [தாய் வழி] ; 8. அ. ஆ. இ. ஈ. கருத்தரித்த பின் [2. N.] கருமுட்டையின் குன்றல் பிரிவு ; 9—11. உ. ஊ. ஏ. இரண்டாம் குன்றல் பிரிவு ; 12. சமப்பிரிவினால் உண்டான ஆஸ்கோஸ்போர்கள் [N] ; 13. ஆஸ்கோஸ்போர்கள் முளையிடுதல்.

தேவைப்பட்ட உப்புகளைக்கூட இந்தக்காளான் தயாரித்துக் கொள்ளும் (பயோட்டின் தவிர), அமினோ அமிலத்தையும் அவ்வாறு தயாரித்துக் கொள்ளமுடியும்.

மூல வகையின் (wild type) வளர் பருவங்களில் ஒன்றான கொனீடியாவில் (conidia) X கதிர்கள் அல்லது அல்ட்ரா வயலட் கதிர்கள் பாய்ச்சி பின் வளரவிட்டால், அது வளரா. ஏனெனில் அது ஒரு மியூட்டண்ட்டாக மாறியதால், அதற்குத் தேவையான அமினோ அமிலத்தை அல்லது வைட்டமினை தயாரித்துக் கொள்ள முடியாத நிலையில் இருக்கிறது. அதனால் அது அந்தக் குறைந்த ஊடுபொருளில் வளரா. அந்த குறைந்த ஊடுபொருள் ஊடகத்தில் அதற்குத் தேவையான வைட்டமினை சேர்த்தால் அது வளரும். அந்த மியூட்டண்ட் ஸ்போர் (spore) தயாரிக்கும் வைட்டமினில் தடை ஏற்பட்டால், உதாரணமாக வைட்டமின் B_1 (thiamin), அது குறைந்த ஊடுபொருள் உள்ள ஊடகத்தில் வளரும்போது, அதில் அந்த ஸ்போர் வளராது. அதில் வைட்டமின் B_1 சேர்க்கப்பட்டால் அது வளரும். ஆனால் ஆரம்பத்தில் எந்த வைட்டமின் அல்லது அமினோ அமிலம் தேவை என்று கண்டு கொள்ள முடியாது. எது தேவைப்படுகிறது என்று கண்டறிய, அந்த ஸ்போர்களை, பல்வேறு வைட்டமின்கள் அமினோ அமிலங்கள், பூரண ஊடகம், குறைந்த ஊடகம் போன்றவைகள் உள்ள சோதனைக் குழாய்களில் தனித்து வளரவிட வேண்டும். வைட்டமினும் அமினோ அமிலங்களும் கொண்ட பூரண ஊடகத்திலும் வளரவிடவேண்டும். பலவித உயிர் வேதிய மியூட்டண்ட்கள், இந்த ஊடகத்தில் வளரும்போது, தனக்குத் தேவையான ஊடகத்தில் மட்டும் வளரும். இவைகளைப் பிரித்து சேர்ப்பதில் மிகவும் கவனமாக இருக்கவேண்டும். இவைகளிலிருந்து, பூரண ஊடகத்தில் வளர்ந்த ஒரு சுத்த வளர்ப்புக் (pure culture) காளானும் கிடைக்கும். ஒவ்வொன்றிலும், நூல் போன்ற மைசீலியங்கள் (mycelium) கிடைக்கின்றன. அத்துடன் மூல ஸ்போர்களிலிருந்து கிடைத்த X-கதிர் பாய்ந்த ஸ்போர்களும் கிடைக்கும்.



B, தனித்தனி வைட்டமினைக் கண்டறிதல்
(பேண்டோதினிக் அமிலம் என்று குறிக்கப்பட்டுள்ளது)

பூரண ஊடகத்தில் வளர்ந்தவைகளில் பல நூற்றுக்கணக்கான வகைகளும் அக்கதிர் பாய்ந்த ஸ்போர்களிலிருந்து கிடைக்கின்றன. அந்த மியூட்டண்ட் வகைகளும் பூரண ஊடகத்தில் வளர்ந்தால் சாதாரண ஸ்போர் போலவே வளரும். ஆனால் எந்த மியூட்டண்ட் எந்த வைட்டமினை தயாரித்துக் கொள்ள முடியாது

என்று தெரியாது. எந்த வளர்ப்பு மியூட்டண்ட் என்று கண்டு கொள்ளவும் எந்த வைட்டமின் என்று தெரிந்து கொள்ளவும், பலவகை ஊடகப் பொருட்கள் தனித்தனி சோதனைக் குழாயில் வளரவிட்டு தேவையான வைட்டமினைச் சேர்த்து, அது வளர அந்த குழாய்களிலிருந்து அந்த வைட்டமினை கண்டறிய வேண்டும், தேவைப்பட்ட வைட்டமின் உள்ள ஊடகத்தில் வளரும் ஸ்போரை அது எதனால் வளரவில்லை என்று தெரிந்து கொள்ளலாம்.

சுருக்கமாக இம்மியூட்டண்ட்களை கண்டறிவதில் உள்ள படிகளாவன:

1. கதிர் பாய்ந்த ஸ்போர்கள் பூரண ஊடகத்தில் வளர்தல்.

2. ஒவ்வொரு வளர்ப்பிலிருந்தும், குறைந்த அளவு ஊடகப் பொருட்கள் உள்ளவற்றில் சேர்த்தல்; எந்த வளர்ப்பு அந்த குறைந்ததில் வளரவில்லை என்றும் அது உயிர் வேதிய மியூட்டண்ட்கள் என்று கண்டுகொள்ளல்.

3. மியூட்டண்ட்களை, அந்த குறைந்த அளவு ஊடகமுள்ளவற்றில் தேவையான ஒன்றை அல்லது மற்றொன்றைச் சேர்த்தல். இதிலிருந்து தேவையானது என்னவென்று காணுதல்.

இப்படி முறைகளிலிருந்து அந்த மியூட்டண்ட் வகையையும். அதற்குத் தேவையான வைட்டமின் என்ன என்றும் கண்டு கொள்ளலாம். இந்த வகையை சாதாரண மரபுக்கால் வழியுடன் (strain) சேர்த்தல் வேண்டும். இவைகள் வெவ்வேறு பால்களாக இருக்க வேண்டும் (opposite sex) அவ்விரு வகைகளையும், அகர் தட்டில் வளர விட்டால், இவைகளிலிருந்து மியூட்டண்ட் வகையும், சாதாரண வகையும் 1:1 என்ற விகிதத்தில் ஆஸ்கோஸ்போர்களை உண்டாக்குகின்றன. அதற்கு எந்த ஊட்டச்சத்து தேவைப்பட்டது என்று தற்போது நமக்குத் தெரிகிறது. அந்த மியூட்டண்ட்டில் காணும் ஊட்டக் குறைபாடு ஒரு ஜீனினால் ஏற்பட்டதே. இம்முறையாலே பல உயிர்வேதியியல் மியூட்டண்ட்கள் கண்டுபிடிக்கப்பட்டுள்ளன. இதை கீழே உள்ள படங்கள் விளக்குகின்றன.

மேற்கூறிய நியூரோஸ்போரா வளர்ச்சியிலிருந்து, உயிர் வேதியியல் மியூட்டண்ட்கள் உண்டாகின்றன. இவைகள், வளர தொடர்ச்சியாக சில சிக்கலான வேதிப் பொருட்கள் உற்பத்தியாகின்றன. அதன் தொடர்படி ஒவ்வொன்றிலும், ஒரு என்சைம் கட்டுப்படுத்துகிறது. சில மியூட்டண்ட்களில் இந்த என்சைம்கள்

சில படிகளில் தோன்ருமல் போவதுண்டு. அதன் வேதிப் படிகள் கீழ்கண்டவாறு அமைந்துள்ளன என்று கொள்வோம். இப்படியில் ஒரு திடீர் மாற்றம் ஏற்பட்டு என்சைம் (1) நீக்கி விடப்

$$A \xrightarrow{(1)} B \xrightarrow{(2)} C \xrightarrow{(3)} D$$

பட்டால் Aயிலிருந்து B உண்டாகாது. இதன் படி வளர்ச்சியில் கடைசியிலுள்ள வளர்ச்சிக்கு அது அவசியமென்றிருந்தால் அந்த மியூட்டண்ட் அந்த குறைந்த ஊட்டப் பொருட்களில் வளரா. அதில் Aயைச் சேர்த்தாலும் வளராது. அல்லது அந்த மியூட்டண்ட் Aயை Bயாக மாற்றவும் முடியாது. B அல்லது C சேர்ந்தால்தான் அது வளரும். Bயை C ஆகவும் அதனுல் மாற்ற முடியும் அல்லது D மட்டும் சேர்த்தாலும் அது வளரும். இத்தொடரில் அத்தடைக்கு முன் எந்த தேவைப் பொருளேச் சேர்த்தாலும் பயன்படாது. அத்தடைக்குப் பின் எந்த ஒன்ருலும் பயனில்லே.

இந்த எடுத்துக்காட்டில் A→B படி முதலில் வருகிறது. இதற்கு அடுத்த (2)ல் ஊடகத்தில் மியூட்டண்ட் தடை ஏற்படுவதாகக் கொண்டால், அந்த ஊடகத்தில் B சேராவிட்டால், அந்த மியூட்டண்ட் வளராது. C யோ அல்லது D யோ இருந்தால் வளரும் ஏனெனில், C, Dக்கு முன்னேயே B தயாரிக்கப்படுகிறது. இதனுல் அதன் வேதியற்படியின் வரிசை நிர்ணயிக்கப்படுகிறது (A→B→C→D)

ஒரு குறிப்பிட்ட எடுத்துக்காட்டு மூலம் இதை விளக்கலாம்.
மூலப்பொருள் $\xrightarrow{(1)}$ ஆர்னித்தின் $\xrightarrow{(2)}$ சிட்ருலின் $\xrightarrow{(3)}$ ஆர்ஜினின்

குறைந்த ஊடகப் பொருளில் வளராத மூன்று மியூட்டண்ட் மரபுக்கால் வழிகள் (mutant strains) நியூரோஸ் போராவில் உள்ளன. இம்மூன்றும் ஆர்ஜினின் ஊடகத்தில் வளரக் கூடியன. இவைகளில் ஒரு மியூட்டண்ட்க்கு மற்ற இரு அமினே அமிலங்களில், ஆர்னித்தின் (ornithine), சிட்ருலின் (citruline)ஒன்று ஆர்ஜினினுக்கு (Arginine) பதிலாகப் (substitute) பயன்படும். இதனுல், அதனுடைய (1)ம்படியில் தடை இருப்பதாகத் தெரிகிறது. அதாவது மூலப்பொருளுக்கும் (precursor) ஆர்னித்தினுக்கும் இடையில் தடை ஏற்பட்டுள்ளது. மற்ருெரு மியூட்டண்டிற்கு சிட்ருலின் மட்டுமே ஆர்னித்தினுக்குப் பதிலாக பயன்படும். இதனுல் அந்த வளர் சிதைமாற்றச் சங்கிலித் தொடரில், ஆர்னித்தினுக்குப் பின் சிட்ருலின் வந்தாகத் தெரிகிறது.

அதனால் தான் (2)ல் தடை ஏற்பட்டது. மூன்றாவது மியூட்டண்டில் ஆர்னித்தினோ, சிட்ருலினோ, பதிலாகப் பயன்படவில்லை. இதற்கு ஆர்ஜினின் குறிப்பிட்டத் தேவையாகிறது. வேறு எந்த அமினோ அமிலமும் அதன் வளர்ச்சிக்குத் திருப்தி படுத்த முடியாது. அதனால் (3)ல் தான் தடை ஏற்பட்டுள்ளது. மேற்கூறிய படிகள் யாவும், ஜீன் கட்டுப்பாட்டில் இயங்குகின்றன. ஜீன்கள் நேரடியாக கட்டுப்படுத்த முடியாது. என்சைம்கள் மூலமே அது நிகழ்கிறது. தக்க என்சைம்கள் இல்லாவிட்டால் அடுத்த படியில் வேதிய மாற்றம் நிகழாது. இந்த என்சைமை திறவுகோலுக்கு ஒப்பிட்டால், அது குறிப்பிட்ட ஒரு பூட்டில் தான் பொருந்தும்; அவ்வாறே குறிப்பிட்ட வேதிப் பொருளில் தான் அந்த என்சைம் பொருந்தும். ஆனால் பல தொழிலாளிகள் சாவிகளை தட்டையாக (blank key) முதலில் செய்வது போல் பல ஜீன்கள் அடிப்படை அமைப்பைப் பெற்றுள்ளன. அந்த சாவியில் குறிப்பிட்ட மேடு பள்ள அமைப்பைச் செய்து அந்த சாவி மட்டும் பொருந்தச் செய்வது முடிவான செயல் போல் அந்த குறிப்பிட்ட என்சைமால் தான் முடியும். அதாவது இதில் குறிப்பீடு (spicificity) முக்கியமாகும். தட்டை சாவிகளில் அப்பூட்டைத் திறக்க குறிப்பிட்ட அமைப்பு அமைவது போல அந்த என்சைமை உண்டாக்க அந்தக் குறிப்பிட்ட ஜீனால் தான் முடியும். இக்குறிப்பீடு காரணமாக ஒரு ஜீன் ஒரு என்சைமைத்தான் உண்டாக்கும் என்று கொள்வதை ஒரு ஜீன் ஒரு என்சைம் கோட்பாடு (one gene-one enzyme) என்பர். எல்லா என்சைம்களிலும், புரதப்பகுதி (protein component) இருப்பதால் இப்பகுதியில் தான் அந்த ஜீன் செயல்படுகிறது. அவ்வாறான ஜீன்கள் புரதத்திலும் குரிப்பீடு செய்கின்றன. இதனால் இதை ஒரு ஜீன் - ஒரு புரோட்டீன் கோட்பாடு (one gene-one protein theory) என்றும் கூறுவர். பீடில் இதையே ஒரு ஜீன் ஒரு செயல் கோட்பாடு (one gene - one function theory) என்று மாற்றிக் குறிப்பிட்டார். இன்னும் சிலர் புரதத்தில் ஒரு குறிப்பிட்ட பாலிபெப்டைட் காரணமென்று விளக்கி, ஒரு ஜீன்-ஒரு பாலிபெப்டைட் கோட்பாடு (one gene-one polypeptide theory) என்றும் கூறுவர்.

எ. கா 4: பாக்டீரியா (Bacteria)

மிகக்குறுகிய காலத்தில் பாக்டீரியாக்கள் பலவாகப் பெருகுகின்றன. இப்பெருக்கத்தினால் பல்வேறு நிலையான திடீர் மாற்றங்களை உண்டு பண்ணமுடிகிறது. அதனால் அவற்றைக் கொண்டு பல மாற்றங்களை காணமுடிகிறது. ஆனால் உயர் விலங்குகளில் வெகு

காலங்களுக்குப் பின்பே திடீர் மாற்றங்களைக் காணமுடியும். ஓர் ஊட்டப்பொருளில் வளர்ந்த ஒன்று மற்றோர் ஊட்டப் பொருளில் வளராமல் இருந்து, பின் தேவைப்பட்டபொருளைச் (vitamin) சேர்த்து வளர விடுவதால் பல உண்மைகளை உணர முடிகிறது. லூரியா (Luria), டெல்ப்ரக் (Delbruck), டெமரிக் (Demeric), ஃபேனோ (Fano) போன்ற விஞ்ஞானிகள் (1945) ஆராய்ந்து புதிய விளக்கங்களை இதற்கு அளித்துள்ளார்கள்.

எக்கேரேக்கியா கோலி (Escherichia coli) என்ற சிறுகுடல் வாழ்பாக்டீரியாவைப் பயன்படுத்திப் பல வேதியியல், மரபியல் கொள்கைகளை விளக்கியுள்ளனர். இப்பாக்டீரியா குளுகோசுடன் கூடிய சில உப்புக்கள் உள்ள ஊட்ட ஊடகத்திலிருந்து வளர்ச்சிக்குத் தேவையான சர்க்கரை, பாஸ்ஃபேட், வைட்டமின், அமினோ அமிலங்களைத் தயாரித்துக் கொள்கின்றது. இவற்றில் ஏதாவதொன்று இவ்வாறு போனால் அது வளராது. அவ்விதமான காலனிகள் மீது X கதிர் ஏற்றப்பட்டுப்பின் அவ்வூட்ட ஊடகத்தில் வளரச் செய்வதால் ஒரு சில வளரா. காரணம் அதில் சில திடீர் மாற்றங்கள் ஏற்பட்டதேயாகும். அதனால் அதிலுள்ள பொருள்களைக் கொண்டு வைட்டமின் அமினோ அமிலங்களைத் தயாரிக்க முடியாது போனதேயாகும். இதற்குக் காரணம் ஒரு தனி ஜீன் என்றும் தெரிகிறது.

அலெக்சாண்டர் ஃபிளமிங் (Alexander Fleming 1920-ல்) பென்சிலியம் (penicillum) என்ற காளானிலிருந்து உயிர் எதிர் அல்லது ஆண்ட்டிபயோட்டிக்கள் (antibiotics) தயாரித்து அதைப் பயன்படுத்தினர். அவ்வாறே கிரிஃப்த் (Griffith - 1928) என்பவரும், சாகரும், ரயானும் (Ryan - 1961) பாக்டீரியா வளர்ப்புக்களில் புது மியூட்டண்ட்களை உண்டாக்கினர்கள். அவ்வளர்ப்புக்களில் பாக்டீரியாக் கொல்லிகளை (bacteriophage) சேர்க்கும்போது பெரும்பாலான பாக்டீரியாக்கள் அழிந்து விடுகின்றன. சிலவற்றை எதிர்க்கும் ஆற்றல் பெற்றுத் தப்பி விடுகின்றன. இவ்வித எதிர்ப்பு ஆற்றல் இரு வகைகளில் தோன்றி இருக்கக்கூடும்.

1. பாக்டீரியாக் கொல்லிகளைச் சேர்ப்பதற்கு முன்பே எதிர்ப்புச் சக்தியைக் கொடுக்கும் திடீர் மாற்றங்கள் ஏற்பட்டிருக்கலாம். 2. பாக்டீரியாக் கொல்லிகளைச் சேர்ந்த பின் பாக்டீரியாக்களிலுள்ள ஜீன்களில் ஏற்பட்ட திடீர் மாற்றங்களால் அவை எதிர்ப்புச் சக்தி வாய்ந்தவையாக மாறி இருக்கலாம். அல்ட்ராவயலட், Xகதிர்கள் போன்றவற்றைப் பயன்படுத்தியும் புது மாற்றங்களை உண்டாக்கியுள்ளனர்.

ஈ. காலையில் ஒரு வகை மியூட்டண்டிற்கு வளர்ச்சிக்குரிய பொருள் மித்தியோனின் என்று கண்டனர் (Lederberg). அப்பொருளைத் தயாரிக்க முடியாததினால், அதை "மித்தியோனின் அற்றன" (methionineless) என்றும் அதற்குரிய ஜீன்-M என்றும் குறிப்பிட்டனர். இதற்குரிய நார்மல் (normal) வகையை மித்தியோனின் உள்ளது. (M+) என்றும் குறிப்பிட்டனர். குறைந்த ஊட்ட ஊடகததில் வாழக்கூடிய பாக்டீரியாவிற்கு புரோட்டோட்ரோஃப் (prototroph) என்றும் வளர்சிதைப் பொருட்களை தயார் செய்து கொள்ளமுடியாத மியூட்டண்ட் வகைகளுக்கு ஆக்சோட்ரோஃப் (auxotroph) என்றும் கூறுவர். "திரியோனின் அற்றன" (threonineless T−) என்றும். அதற்குரிய நார்மலை T+ என்றும் கூறுவர். மித்தியோனின், திரியோனின் ஆகிய இரண்டும் ஒரே லோகசில் இருப்பதால் அவைகளை கீழ் கண்ட வகைகளில் பிரித்துள்ளனர். இங்கு மியூட்டண்ட் அல்லீல் ஒரு லோகசிலும், நார்மல் மற்றொன்றிலும் காணப்படுகிறது.

M+ T+ புரோட்டோட்ரோஃப்

M− T+ மித்தியோனின் அற்றது.

M+ T− திரியோனின் அற்றது.

M− T+ × M+ T− என்ற இரு மரபுக்கால் வழிகளை (strain) ஒரே குறைந்த ஊட்ட ஊடகத்தில் வளர்த்தால் சில காலனிகளே வளரும். அவைகள் M+ T+ என்ற புரோட்ரோட்ரோஃப்களாகும். இவைகளே அதில் வளரக்கூடியன. இதில் காணப்பட்ட மரபுக்கால் வழிகளில் (M− T+ × M+ T−) ஒரு சில $\frac{M^- T^+}{M^+ T^-}$ ஜீனோடைப் (genotype) கருமுட்டைகளை (டிப்ளாய்டு) உண்டாக்கி அவைகளே குன்றல் பிரிவின் மரபியல் மறு இணைவில் M+ T+ என்ற புரோட்டோட்ரோஃப்களை உண்டாக்கியுள்ளன. இது போன்றே பயோட்டின் அற்ற (biotinless) லூசின் அற்ற (leucineless) வகைகளையும் கண்டுள்ளனர்.

பாக்டீரியாக்களில் இனப்பெருக்கம் பால் முறையிலும் நிகழ்கின்றன என்று கூறினோம். இரு மரபுக்கால் வழிகள் உண்டு (F+, F−) பால் இணைவு இவ்விரண்டிற்கும் இடையே நிகழுமே யன்றி ஒத்தவைகளிடையே (F+ F+ or F− F−) நிகழ்வதில்லை.

வளரும் பாக்டீரியாக்களில் விஷம் (poison) சேர்க்கப்பட்டால் ஆரம்பத்தில் பல இறந்தாலும், இறுதியில் ஒன்று அந்த விஷத்தை சமாளித்து உயிர் வாழும் நிலையை அடையும்.

அதாவது அந்த பாக்டீரியா அவ்விஷத்திற்கு பொருத்தமாக்கிக் கொண்டது (adapted) ஆர்சினிக், (மெர்குரி) பாதரஸம் போன்ற விஷப் பொருட்களையும் பாக்டீரியா பொருத்தமாக்கிக் கொள்ளும். இதிலிருந்து உண்டாகும் வகைகள் தடுத்துக் கொள்ளும் (resistance) ஆற்றலைப் பெற்று விடுகின்றன. ஆனால் பென்சிலினில் காணப்படும் தடுப்பு (Dr. Demer, C. C.) வழி வழியாகத் தோன்றி சேர்க்கப்பட்ட தொன்றுகும் (cumulative effect).

ஈ. காலையில் வாழும் வைரஸ்களை (bacteriophage) முதலில் ஈ. காலை தடுத்து நிறுத்தினாலும், அவைகளைக் கொல்லும் பிறிதொரு மியூட்டண்ட் வைரஸ் தோன்றி விடுகின்றன.

எ. கா. 5: மனிதன்

மனிதனில் ஏற்படும் நிலையான திடீர் மாற்றங்களை அவனிடம் காணும் பரம்பரை நோய்களையும், சில இயற்கைக்கு மாறுபட்ட குணங்களையும் கொண்டு விளக்கலாம்.

அ. குருதிப் பற்று நோய் (இரத்த உறைவின்மை நோய்) (Haemophilia)

இது ஒரு பரம்பரை நோயாகும் பெரும்பாலும் இந் நோய் ஆண்களிடையே காணப்படுகின்றன. இந்நோயால் பாதிக்கப் பட்டவர்கள் உடலில் ஏற்படும் காயங்களிலிருந்து வரும் இரத்தம் உறைவதில்லை. எனவே இரத்தம் அதிகம் வெளியேறுவதால் அவர்கள் இறந்து விடுகிறார்கள். இந்த இரத்த உறைவின்மைக்கு X குரோமோசோமில் உள்ள ஜீனில் ஏற்படும் திடீர் மாற்றமே காரணமாகும். ஆண்களில் ஒரே ஒரு X குரோமோசோம் மட்டும் இருப்பதால் இந்நோய் அவர்களிடம் மிகுந்து, பெண்களில் இரு X குரோமோசோம்கள் இருப்பதால் குறைந்தும் காணப்படுகிறது. பெண்களிடம் இந்நோய் காணப்பட்டால் இரு குரோமோசோம்களிலும் மியூட்டேஷன் ஏற்பட்டிருக்க வேண்டும். பொதுவாக இரு குரோமோசோம்களில் ஒன்று தாயிடமிருந்தும், மற்றொன்று தந்தையிடமிருந்தும் வருவதால், இந்த இரண்டும் மாறுபாடு கொண்ட ஜீன்களைக் கொண்டிருக்கும் (heterozyous condition) ஆகவே பெரும்பாலான பெண்களிடம் இந்நோய் காணப்படுவதில்லை. பெற்றோர்கள் இருவருக்கும் அந் நோய் இருந்தால் அவர்களுக்குப் பிறக்கும் பெண்களுக்கு அந்நோய் வரக்கூடும்.

ஆ: மூன்றும் ஜார்ஜ (George III 1738–1820) **பார்ப் பைரியா** (porphyria)என்ற நோயினுல் பாதிக்கப்பட்டார். மூளைக் கோளாறு, பித்து பிடித்தல், சிறுநீர் சிவப்பாக இருத்தல் முதலியன இந்நோய்க்கு உரிய அறிகுறியாகும். இரத்த ஹீமோ குளோபினிலுள்ள பார்பைரின் (porphyrin) என்ற நிறமிப் பொருள், உடற் செல்களில் சாதாரணமாக வளர் சிதை மாற்ற மடைந்துவிடும். இதை மாற்றுவதற்குரிய என்சைம், இல்லா ததினுல் இது பாதிக்கப்பட்டு சிறுநீர் சிவப்பாக வெளியேறும். ஜெர்ராட் (A. Garrord) என்பவர் 1908ம் ஆண்டு இந்நோய் வளர்சிதை மாற்றத்திஞல் நிகழ்கிறதென்றும் அது பரம்பரையில் வருமென்றும் கூறினர். 16ம் நூற்றுண்டில் வாழ்ந்த அரச பரம்பரையைச் சேர்ந்த ஸ்காட்லாந்து மகன்கள் ஜேம்ஸ், மூன்றும் ஜார்ஜ், தங்கை கெரோலின் மெட்டில்டா (Caroline Matilda) போன்றவர்களுக்கு இ ந் நோ ய் வந்ததாகவும், மெட்டில்டா வாதநோயால் (paralysis) 23 வயதில் இறந்த தாகவும் கூறினர். இவருடைய மகன் நான்காம் ஜார்ஜ் கெளட் (Gout) என்ற நோயினுலும் பார்பைரியா என்ற நோயினுலும் பாதிக்கப்பட்டு இறந்தார். அவருடைய மகள் இராணி சார்லட் (Queen Charlotte) அந்நோயினுலேயே பிரசவத்தில் இறந்தார். நான்காம் ஜார்ஜின் மகள், அகஸ்டஸ் (Augustus) கடுமையான சிறுநீர் நிறமாற்றத்திஞல் இறந்தார். இராணி விக்டோரியாவின் தந்தையானவரும் நான்காம் ஜார்ஜின் மற்ருெரு மகனுனவரு மான கென்ட் மன்னன் (Duke of Kent) அவ்வாறே மூன்றும் ஜார்ஜ் இறக்குமுன் இறந்துவிட்டார். இந்நோய் அந்த அரச பரம்பரையில் இன்னும் ஓடிக்கொண்டிருப்பதாகத் தெரிகிறது. இதனுல் மூன்றும் ஜார்ஜ், அவ்வாறு பிடித்த ஏழைகளுக்கு பண உதவி செய்ததுடன் ஒரு குழுவை (Commission) அமைத் திருந்தார்.

இ: இவ்வாறே கெளட் (Gout) என்ற நோயும் வளர்சிதை மாற்ற பிழைகளினுல் நிகழ்கிறது. இந்நோயாளியின் இரத்தத்தில் யூரிக் அமிலத்தின் (uric acid) அளவு அதிகமாகும். (hyper-uricemia) மூட்டுகளிலும் கால், கை போன்ற உடலின் நுனிப் பகுதிகளிலும் வலி ஏற்படும். யூரிக் அமில பளிங்குகள் (crystals) சிலருடைய சிறு நீரில் வெளியாவதுமுண்டு. ஹோமோ ஜெனிட்டிஸ்டிக் அமிலக் கழிவினுலும் இது நிகழலாம். இதற்குக் காரணம் ஆணில் காணும் ஆட்டோசோமல் ஒங்கும் பரம்பரை ஜீனுல் (autosomal dominant inheritance) உண்டாகிறது என்று தெரிகிறது. பெண்களில் இந்நோய் அதிகம் காணப்

படுவதில்லை. இந்நோயை நிவர்த்திக்க கோல்ச்சிசின் (colchicine) கொடுப்பார்கள். இம்மாதிரியானவர்களுக்கு ஓர் ஒடுங்கும் ஜீனால் என்சைம் உற்பத்தி தடை ஏற்படுகிறது. இதை நிவர்த்திக்க கோல்ச்சிசின் கொடுத்தால் அந்த என்சைம் உண்டாகும்.

ஈ: லைனஸ் பாலிங் (Linus Pauling 1949) கண்டு பிடித்த ஹிமோகுளோபின் S வகை (haemoglobin S = hs) நீக்ரோ மக்களிடையே இரத்த சோகையை (anemia) ஏற்படுத்தி ஒரு தனி **சாதியையே** (race) உண்டாக்கியுள்ளது என்று விளக்கியுள்ளார் (normal h^1 / h^a) இதற்கு சிக்கிள் செல் அனீமியா (Sickle cell anemia) என்று பெயர். இரத்தத்தில் ஆக்ஸிஜன் குறைந்தால் இரத்த செல்கள் சிக்கிள் (அரிவாள்) போலாகும். மற்றொரு அசாதாரண இரத்த ஹிமோகுளோபுலினை லீவெலும் தாரப்பும் (Leavell and Thorup 1960) கண்டுபிடித்தனர். சாதாரணமாக காணும், குளுட்டமிக் அமிலம் இருக்குமிடத்தில் வேலின் (valine) இருப்பதாகவும். அதன் மாலிக்கூலில், இரு கார்பாக்சில் குரூப் இழக்கப்பட்டுள்ளதாகவும் (carboxyl group) கண்டு பிடித்தனர்.

எ: அல்காப்டோநியூரியா அல்லது சிறுநீர் கருநிறமாதல் (கறுப்புச் சிறுநீர்) (alcaptonuria - black urine)

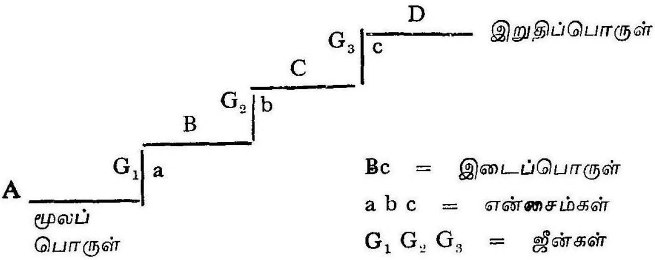
ஏ: இ. ஜெர்ராட் (Gerrod, A.E.) என்ற ஆங்கில மருத்துவர் 1908ஆம் ஆண்டு இந்நோயைக் கண்டுபிடித்தார். இவரை வேதியியல் மரபியலுக்குத் தந்தை என்றும் கூறுவதுண்டு. இந்நோய் சிறியவர்களிடத்தே (ஆண்களிடம்) அதிகம் காணப்படும். இதனால் பாதிக்கப்பட்டவர்களின் சிறுநீர், வெளிக்காற்றுப் பட்டதும் கறுப்பாக மாறிவிடுகிறது. இந் நோய் திடீர் மாற்றமடைந்த ஒடுங்கிய ஜீனால் உண்டாகிறது என்றும் . அவர் உணர்ந்தார்.

பொதுவாக உடலில் பல வேதியியல் பொருள்கள் மாற்றமடைய என்சைம்கள் அல்லது நொதிகள் (enzymes) பயன்படுகின்றன வளர்சிதை மாற்றத்தில் ஒவ்வொரு மாற்றத்திலும் ஒரு பொருள் நன்றாக மாறத்தக்க என்சைம் தேவைப்படுகிறது ஓர் என்சைம் ஒரு வேலையை மட்டுமே செய்கிறது. அடுத்து மற்றோர் என்சைம் அடுத்த வேலையைச் செய்கிறது.

அதாவது $A \xrightarrow[G_1]{(1)} B \xrightarrow[G_2]{(2)} C$ etc. என்று படிமுறையாகக் கொண்டால்

ஒவ்வொரு படிமுறை நிலையிலும் ஒவ்வோர் என்சைம் செயல் படுகிறது. இங்கு எண்கள் என்சைம்களைக் குறிக்கின்றன.

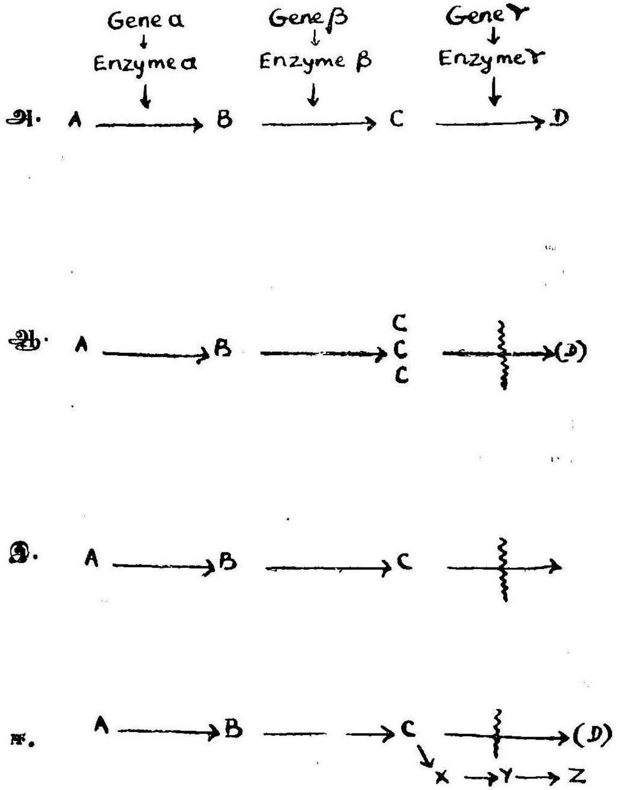
ஒவ்வோர் என்சைமும் ஒவ்வொரு ஜீனால் (G_1, G_2) உண்டாக்கப் படுகிறது.



இதற்கு ஒரு ஜீன்–ஓர் என்சைம் கொள்கை (one gene-one enzyme theory) என்று பீடிலும், டாட்டமும் கூறினர் இதையே ஒரு ஜீன்-ஒரு புரோட்டீன் கொள்கை (one gene-one protein theory) என்றும் கூறுவதுண்டு.

இதைக் கொண்டு மேற்கூறிய நோயைப்பற்றி ஆய்ந்த போது உடலில் கழிவுப் பொருள்கள் உண்டாகும் போது ஹோமோஜெண்டிஸ்டிக் அமிலம் (homogentistic acid) அசட்டோ அசிட்டிக் அமிலமாக (acetoacetic acid) மாற வேண்டும் இம்மாற்றம் ஏற்படுவது படிப்படியாக வளர்சிதை மாற்றத்தின் போது நடைபெறுகிறது. இதற்குக் காரணம் பினைல்கீட்டோ நியூரியா (phenyl ketoneuria) என்ற வேதியியற் பொருளாகும். இந்நோயுடைய குழந்தைகள் மூளைக்கோளாறு களினால் பாதிக்கப்பட்டு அறிவிலிகளாக Pku (idiots) இருப் பார்கள். சில சாதாரண மாற்றங்கள்கூட இவர்களின் வளர்சிதை மாற்றங்களில் நடைபெற முடிவதில்லை. பினைல் பைருவிக் அமிலத்தை ஹைட்ராக்சி பினைல் பைருவிக் அமிலமாக (hydroxy phenyl) மாற்றி அதை நீர் (H_2O), கார்பைன் டை

வளர்சிதை மாற்றத்தில் பிறவிப் பிழைகள்
மரபியல் வழிப்படி நிர்ணயிக்கப்பட்ட என்சைம்
தடைகளும் தோற்றவழி அசாதாரண நிலைகளும்



படம் 98.

மரபியல் மூலம் நிர்ணயிக்கும் என்சைம் தடைகளை விளக்கும் படங்கள்.

(a) நார்மல் நிலை.

(b) அல்காப்டோனூரியாவில் நிலை.

(c) அல்பினிசத்தில் நிலை.

(d) பினைல் கீட்டோனூரியாவில் நிலை.

அ) முறையான நிலை

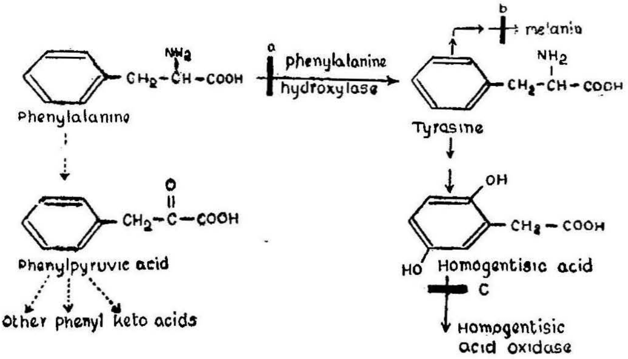
ஆ) அதிகப்படியான பொருட்கள் இறுதி நிலைக்குமுன் சேர்த்து வைக்கப்படும் நிலை (அல்காப்டோனூரியா)

(இ என்சைம் செயலினுடைய இறுதிப் பொருளின் தேவை (அல்பினீசம்)

ஈ) முக்கியத்துவமற்ற பொருட்கள் உண்டாதல் (பீனைல்கீட்டோனூரியா)

ஆக்சைடு (CO_2) என்ற சிறுகழிவுப் பொருள்களாக மாற்ற வேண்டும். இம்மாற்றங்கள் நடைபெறுமல் வேதியியல் தடைகள் (chemical block) மியூட்டேஷனுல் ஏற்படுகின்றன. அது என்சைம் உண்டாவதைத் தடைப்படுத்துகிறது அதற்குக் காரணம் ஜீன் கட்டுப்பாடேயாகும் (படம் 98).

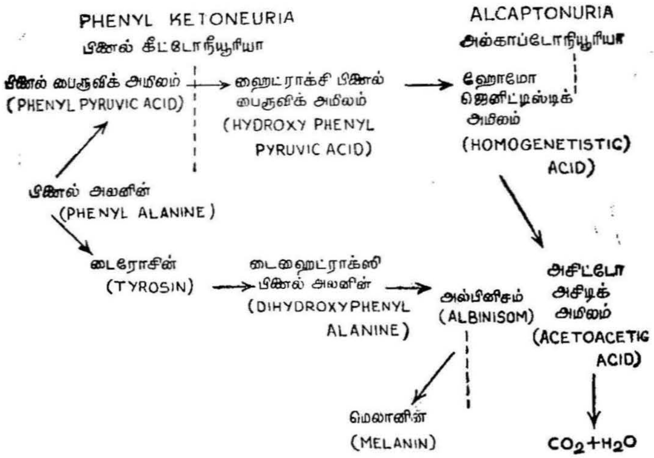
இவ்வாறே நிறமற்ற நிலையும் (அல்பினிசம் albinism) உண்டாகிறது.



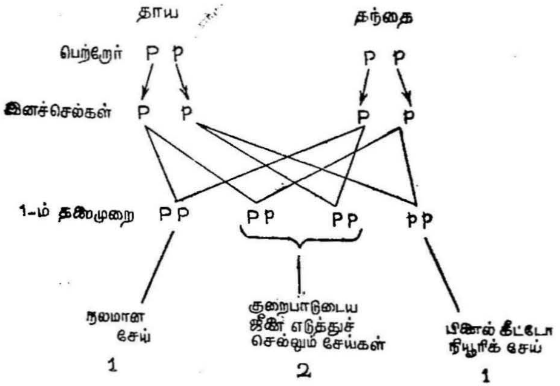
படம் 99.

அமினோ அமில வளர்சிதை மாற்றத்தில் ஏற்படும் என்சைம் (defect) கோளாறுகள்.

(a) பீனைல் கீட்டோநியூரியா.
(b) அல்பினிசம்.
(c) அல்காப்டோநியூரியா.
→ நார்மல் வளர்சிதை மாற்றம்.
→ பீனைல் கீட்டோநியூரியாவின் செயலெதிர் செயல்கள்.



பினைல் கீடடோநியூரியாவின் மரபுவழி விளக்கம்



P= சாதாரண ஓங்கிய அல்லீல்.

P= பினைல் கீட்டோநியூரியா ஒடுங்கிய அல்லீல்.

நிலையான திடீர் மாற்றங்களின் விளைவுகள்
(Effects of Mutations)

நிலையான திடீர் மாற்றங்களினால் உயிரினங்களில் பல விளைவுகள் ஏற்படுகின்றன. திடீர்மாறிகள் (mutants) எல்லா வகைக் கூறுபாடுகளிலும் (traits) பெற்றோர்களைவிட மாறுபட்டுக் காணப்படுவதுண்டு. இம் மாறுபாடுகள் தோற்றங்களிலும், உள்ளமைப்புக்களிலும் அல்லது உயர் வேதியியல் கூறுகளிலும் காணப்படும். இதன் விளைவுகள் பெரும்பாலும் தீமை பயப்பனவேயாகும், சிலவற்றில் நன்மை விளைவிக்கின்றன. உதாரணமாக டுரோசோபைலாவில் பல்வேறு இனங்கள் உண்டாவது இவ்வித திடீர் மாற்றங்களினாலேயே ஆகும். கண்நிறம், உருவமைப்பு இறக்கையின்மை போன்றவை உண்டாகின்றன. மேலும் பாற் குணங்கள் (sex characters), கருவுறத்தக்க நிலை (fertility), நீண்ட ஆயுள் தன்மை (longevity) சீரப்படிவுப் பண்புகள் (serological- preparation), ஊடல் (courtship), கூடல் (mating), போன்றவற்றிலும் மாறுபாடுகள் காணப்படும். சில சமயங்களில் ஜீன்கள் கொல்லிகளாகவும் (lethals) மாறுபடுவதுண்டு.

நிலையான திடீர் மாற்றங்கள் எந்நிலையில் எற்படுகின்றன?

இம் மாற்றங்கள் எந்நிலையிலும் ஏற்படலாம்.

1. முதிர்ந்த இனச்செல்களில் (mature gamete) ஏற்பட்டால் இளங் கன்றுகளில் (offspring) ஒரே உயிரியல் மட்டும் இம் மாற்றங்கள் காணப்படும்.

2. கருவுற்றபின் முதற் பிரிவின் போது சேய்க் குரோமோசோம்களில் ஒன்றில் ஏற்பட்டால், அதிலிருந்து உண்டாகும் உயிரியின் ஒரு பாகத்தில் இத்திடீர் மாற்றம் காணப்படும்.

திடீர் மாற்றங்கள் பழைய நிலையடைதல்
(Reversiblty of Mutations)

எவ்விதத் திடீர்மாற்றங்களும் சில சமயங்களில் பழைய நிலைக்கே மாற்றமடைவதுண்டு. இதற்கு "மரபு மடக்கம்" (reversion) அல்லது அட்டேவிசம் (atavism) என்று பெயர். A என்ற ஜீன் திடீர் மாற்றத்தால் a என்றாகிறது. பின் a என்ற இந்த அல்லீல் A என்ற பழைய நிலையை அடைகிறது, (2-ம்) பாக்டீரியா, டுரோசோபைலா. ஆனால் இம் மரபு மடக்கம் அபூர்வமே.

II தூண்டப்பட்ட திடீர் மாற்றங்கள் (Induced Mutations)

நிலையான திடீர்மாற்றங்களைச் செயற்கை முறையில் உண்டு பண்ணலாம். X கதிர்கள், அல்ட்ராவயலட் கதிர்கள், வேதியியற் தூண்டிகள், வெப்பம் போன்றவற்றால் தூண்ட முடியும். X கதிர்களை—1895ம் ஆண்டு ஜெர்மன் நாட்டுக் கொன்ராட் ராஞ்சன் (Konrod Roentgen) என்ற உர்ஸ்பர்க் (Wurzburg) பல்கலைக் கழகப் பூதவியல் பேராசிரியர் கண்டு பிடித்தார்.

1 X கதிர்கள்

டெக்ஸாஸ் பல்கலைக் கழகத்தைச் சேர்ந்த எச். ஜே. முல்லர் என்ற மரபியல் வல்லுநர் X அயனக் கதிர்களைக் கொண்டு பல் வேறு மாற்றங்களை டுரோசோஃபைலாவில் உண்டாக்கினார். இவர் டி. எச். மார்கனின் மாணவர் ஆவார். இயற்கையாக நிகழும் திடீர் மாற்றங்களைக் காட்டிலும் பன்மடங்கு அதிகமாகவே செயற்கை முறையில் உண்டாக்கலாம் என்று கண்டார். ஆனால் யாவும் கெடுதல் விளைவிப்பனவாகவே இருந்தன எல். ஜே. ஸ்டேட்லர் (L, J. Stadler) என்பவர் பார்லியில் நிலையான திடீர் மாற்றங்களைச் செயற்கை முறையில் உண்டாக்கினார். இதில் ஓர் இரு சந்ததிகளிலேயே X அயனக் கதிர்களின் விளைவைக் கண்டறியமுடியும். 1946-ஆம் ஆண்டு முல்லர் செய்து காட்டிய சாதனைகளுக்காக அவருக்கு நோபல் பரிசு வழங்கப்பட்டது. மெண்டல் செய்த சோதனைகள் போலவே இவரும் திட்டமிட்டுப் பல தெளிவான முடிவுகளைக் கண்டார்.

அயனக் கதிர்கள் சில பொருட்கள் வழியாகச் செல்லும் போது அவை வெளிப்புறச் சுற்று வீதியிலுள்ள (outer most orbit) சில எலக்ட்ரான்களை இழக்கின்றன. இதனால் அவற்றின் சக்தி குறைகிறது. மேலும் அவை சம நிலையையும் (neutral) இழக்கின்றன. இவ்வாறு சமநிலை இழந்த அணுவை அயான் (ion) என்று கூறுகிறோம். அணு என்பது அணுத்திரள் அல்லது மாலிக்கூலில் (molecule) ஒரு பகுதியாகும். ஒரு பொருளில் அயனக் கதிர்கள் செலுத்தும்போது அதிலுள்ள மாலிக்கூல்கள் வேதியியல் மாற்றங்களை அடைகின்றன. இம் மாலிக்கூல் ஒரே ஜீன்களாக இருந்தால் அந்த ஜீன்களின் வேதியியல் மாற்றங்களை அடைகிறது. இவ்வாறு X கதிர்கள் ஜீனில் திடீர் மாற்றங்களை

உண்டுபண்ணுகின்றன. குரோமோசோம்களிலும் இம்மாதிரியான மாறுபாடுகளை உண்டாக்குகின்றன. இதனால் குரோமோசோம்களின் சில பகுதிகளை இழக்கவோ, மாற்றியமைக்கவோ நேரிடுகிறது.

2. அல்ட்ரா வயலட் கதிர்கள் (Ultra Violet Rays)

எட்கார் ஆல்ட்டன்பர்க் (Edgar Altenburg) என்பவர் முதன் முதலாக இக்கதிர்களைப் பயன்படுத்தினார். X கதிர்களைப் போல் இல்லாமல் இக் கதிர்கள் பட்ட இடங்களின்மேல் மட்டும் சிறிதளவே தூண்டியியக்கம் செய்ய வல்லதாகும். உதாரணமாக டுரோசோஃபைலாவில் இக்கதிர்கள் நியூக்ளியசை அடைய அதிக அளவுக் கதிர்கள் செலுத்த வேண்டும். ஆனால் X கதிர்களுக்கு அவ்வளவு அதிகமும், நேரமும் தேவைப்படுவதில்லை. இக்கதிர்கள் மகரந்தத் தூள்களில் பாய்ந்தால் அவற்றில் சில மாற்றங்களைச் செய்கின்றன. சோளத்தில் ஸ்டேட்லர் செய்த சோதனை ஒரு பெரும் சாதனையாகும்.

3. வெப்பம் (Temperature)

சில உயிரிகளில் வெப்பமும் நிலையான திடீர் மாற்றங்களைத் தூண்டுகிறது. முல்லரும், ஆல்ட்டன்பர்க்கும் (Muller and Altenberg) செய்த சோதனைகளில் டுரோசோஃபைலாப் பழப்பூச்சிகளின் நிலையான திடீர் மாற்ற வீதம் (rate) 170^0 C-யில் இருந்ததைவிட 27°C-யில் 2.5 மடங்கு அதிகமாக இருப்பதாகக் கண்டார்கள். மனிதர்கள்கூட அதிகமான வெளி வெப்பத்தினால் பாதிக்கப்படுகிறார்கள். உடலின் உள் வெப்பம் பாதிக்காமலிருக்கவே விந்துச் சுரப்பிகள் உடலைவிட்டு வெளியில் இருப்பதாகக் கூறுகிறார்கள். மேலும் அண்மையில் வாஷிங்டன் செய்தித்தாளில் வெளியான செய்தி கவனிக்கத்தக்க தொன்றாகும். இறுக்கிப் பிடிக்கும் கீழ் அணிகள் (tight underwears) அச்சுரப்பிகளை உடலுடன் ஒட்டச் செய்வதால் வெப்பம் தாக்கி விந்துகளில் மி யூ ட் டே ஷ ன் ஏற்படக்கூடும் என்று கூறுகிறது. கீழ்மட்ட உயிரிகள், வெப்பத்தினால் பாதிக்கப்படுவது போல் உயர்தர விலங்குகள் பாதிக்கப்படுவதில்லை.

4. வேதியியல் தூண்டிகள் (Chemical Agents)

1939-ஆம் ஆண்டு தாமும், ஸ்டீன்பெர்க்கும் (Thom and Steinberg) முதன் முதலாக வேதியியல் தூண்டிகள் செல்களில் மியூட்டேஷன்களை உண்டுபண்ணியதாக வெளியிட்டார்கள்.

ஆஸ்பர்ஜில்லஸ் (Aspergillus) என்ற காளானில் நைட்ரஸ் வாயு நிலையான திடீர் மாற்றத்தை உண்டாக்கியதாகக் கூறினர்.

ஆர்பாக்கும், ராப்சனும் (Auerbach and Robson) பழப் பூச்சியில் செய்த சோதனைகளின் முடிவை வெளியிட்டபின் தான் வேதியியல் தூண்டிகளின் செயல்கள் நிச்சயிக்கப்பட்டன. 1940-ஆம் ஆண்டு கடுகு எண்ணெய் ஆவியை (நச்சாவி நீர்மம்-(Allylisothiocyanate) பழப்பூச்சியில் செலுத்தி அதன் விளைவு களைக் கண்டனர். சுமார் 24% அளவு பால்-இணை மியூட்டேஷன் களை அது உண்டாக்கிற்று. இவ்வாயு இரண்டாம் உலகப்போரின் போது பயன்படுத்தப்பட்டதாகவும், மக்கள் பாதிக்கப் பட்டார்கள் என்றும் தெரிய வருகிறது. மேலும் பார்மால்டிஹைட் (formaldehyde), ஈத்தைல்யூரித்தேன் (ethylurethane), நைட்ரஸ் அமிலம் (nitrous acid), நைட்ரஜன் மஸ்டர்டு (nitrogen mustard), ஃபீனல் (phenol), மாங்கனஸ் குளோரைட் (manganous chloride) போன்றவையும் மனிதனில் கேஃபின் (caffeine), தியோபுரோமின் (theobromine) அதிக அளவு பயன்படுத்தினாலும் மியூட்டேஷன்கள் ஏற்படும் என்று தெரிகிறது.

உயிரிகளுக்கேற்பவும், அளவிற்கேற்பவும் இவ்வேதியியல் தூண்டிகள் செயலாற்றுகின்றன என்றும் தெரிகிறது.

நைட்ரஜன் பெர்-ஆக்சைட் நியூரோஸ் போராவில் மியூட்டேஷனில் எவ்வித மாறுதலையும் செய்வதில்லை. ஃபினல், பழப் பூச்சியில் மியூட்டேஷனைத் தூண்டினாலும் நியூரோஸ்போராவில் தூண்டுவதில்லை.

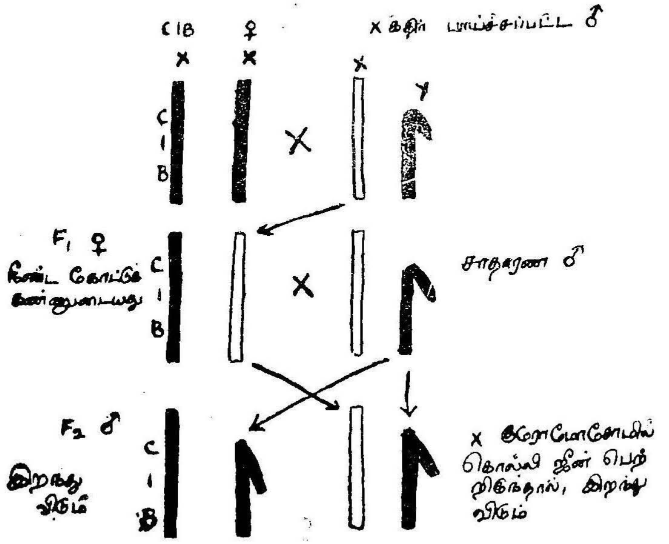
டிஎன்ஏ-யின் அமைப்பிலுள்ள பியூரின் பிரிமிடீன்களின் அமைப்பில் மாற்றங்கள் ஏற்பட்டு இரட்டித்தால் மியூட்டேஷன்கள் உண்டாகின்றன என்று தெரிகிறது. தைமீன் அடினின் சேர்க்கை யில் (T-A), புரோமோயுராசில்-அடினின் (Bu-A) சேர்ந்தால் அவ்வாறு நிகழும். இச்சேர்க்கையின் பல வகைகளை ஈஃபிரீஸ் (E. Freese) என்பவர் தெளிவாக விளக்கியுள்ளார்.

தூண்டப்பட்ட நிலையான திடீர் மாற்றங்களை கண்டு கொள்வது எப்படி?

1 ClB முறை (ClB Method)

இது தூண்டப்பட்ட பாலின் (sex) திடீர் மாற்றங்களைக் கொண்டு கண்டுபிடிப்பதற்கு ஏற்பட்ட முறையாகும். இம் முறையை I.I.J. முல்லர் என்பவர் 1927ல் கண்டுபிடித்தார்.

டுரோசோஃபைலாவிலுள்ள X குரோமோசோமில் உண்டான திடீர்மாற்றக் கொல்லிகளைக் (lethals) கண்டுபிடிப்பதற்கு இம் முறை கையாளப்பட்டது. இம்முறையில் குறிப்பிட்ட பெண் பழப்பூச்சிகள் உபயோகப்படுத்தப்பட்டன. ClB என்ற மூன்று எழுத்துக்களும் X குரோமோசோமில் அமைந்துள்ள மூன்று ஜீன்களைக் குறிக்கின்றன (படம் 100).



படம் 100.

செயற்கை முறையில்நிலையான திடீர் மாற்றம் உண்டாக்குதல், ClB முறையில் கொல்லிகளைக் கண்டறிதல்.

C = குறுக்கேற்றத்தைக் தடுக்கும் ஜீன் (ஓங்கும் ஜீன் Cross Over Supprssor-C)

l = ஒடுங்கும் கொல்லி ஜீன் (Recessive Lethal)

B = நீண்ட கோட்டுக்கண்கள் (Bar. Eyes) ஓங்கும் ஜீன்.

அப்பெண் பழப்பூச்சியின் மற்றொரு X குரோமோசோம் சாதாரணமானதாகும் (normal) இவ்விரு X குரோமோசோம் களும் கொண்ட டுரோசோஃபைலாவிற்கு (ClB) பெண்பூச்சிகள்

என்று பெயர். சாதாரண ஆண் பூச்சியில் X கதிர் பாய்ச்சியபின் ClB பெண் பூச்சியுடன் இனகலப்புச் செய்தால் ஆண் வழித் தோன்றிகளில் சரிபாதி இறந்துவிடுகின்றன. அஞ்சியவற்றில் ஆண்பெண் விகிதம் 2:1 என்று தெரியவந்தது. குறிப்பாக நீண்ட கோட்டுக்கண்களையுடைய பெண் பூச்சிகளிடத்தில் தாயிடமிருந்து பெற்ற ClB குரோமோசோமும், தந்தையிடமிருந்து பெற்ற X கதிர் பாய்ந்த X குரோமோசோமும் இருக்கின்றன (படம் 79). இந்த நீண்ட கோட்டுக்கண்ணுடைய மகன்களுடன் சாதாரண ஆண் பூச்சிகளை இனகலப்புச்செய்தால் 2ம் தலைமுறையில்(F_2)பாதி மகன்கள் ClB குரோமோசோம்களைப் பெறுவதால் இறந்துவிடுகின்றன. மற்றப்பாதி X கதிர் ஏற்றப்பட்ட X குரோமோசோமில் கொல்லிஜீன் (lethal) பெற்றிருந்தால் அவையும் இறந்துவிடுகின்றன. ஆனால் F_2 பெண்கள் யாகவும் தந்தையிடமிருந்து சாதாரண X குரோமோசோமைப் பெறுவதால் உயிர்தப்புகின்றன. 1ம் தலைமுறையில் ClB பெண் பூச்சிகளுக்கு மகன்கள் இல்லாமல் மகள்கள் மட்டும் பிறந்தால் அப்பூச்சிகள் கதிர் ஏற்றப்பட்ட தந்தையிடமிருந்து கொல்லி ஜீனைப் பெற்றிருக்கின்றன என்று தெரிந்துகொள்ளலாம். ஆனால் தன்னியல் மியூட்டேஷன் முறையிலும் இம்மாதிரிநிலை ஏற்படுவதுமுண்டு. இம்முறையினால் பார்வைக்குத் தெரியும் (visible) மியூட்டேஷனையும் (வெள்ளைக் கண்கள்) அறிந்துகொள்ள முடிகிறது.

2 முல்லர்- 5 முறை
(Muller- 5 Method)

மேற்கூறிய முறையைப் போல் முல்லர்-5 முறையும் கொல்லிகளைக் காணப்பயன்படுகிறது. முல்லர்-5 பெண் பூச்சிக்கு ஏப்ரிகாட் கண்ணும்(apricot eye Wa/Wa) நீண்ட கோட்டுக் கண்ணும் (bar eye B/B உண்டு. இத்துடன் குறுக்கேற்றத்தைத் தடுக்கத் தலைமாற்றமும் (inversion) காணப்படும்.

தூண்டப்பட்ட மியூட்டேஷன்களின் பயன்கள் விலங்குகளை விட பயிர்த் தொழில்களில்தான் கதிர் ஏற்றங்கள் மிகவும் பயன்படுகின்றன. சில புதிய பயனுள்ள தானிய வகைகள் உண்டாக்கப் பெற்றன. இருப்பினும் சிறு சதவீதமே பயனுள்ளதாக இருக்கின்றது. உதாரணமாகத் தாவரங்களில் குரோமோசோம்களின் எண்ணிக்கை குறைந்தால் மலட்டுத் தன்மைதான் (sterility) நிலைபெறுகிறது. ஆனால் வால்ட்டன் சி. கிரிகரி (Walton (C. Gregory) செய்த தாவர வளர்ப்பில் கதிரியக்கங்களினால் வெற்றி கண்டார். பட்டாணி விதைகளில் (peanuts கதிர்

ஏற்றப்பட்டுப் புதிய மியூட்டண்ட் வகைகளை உண்டாக்கி, அவற்றைப் பின்சேர்க்கை செய்ததில் புதிய அதிக அளவு விளைச்சலைக் கண்டார். அவ்வாறே ரிச்சர்டு கால்டிகாட் (Richard Caldecott-1959) என்பவர் திராட்சைக் கொடியில் கதிர் ஏற்றம் செய்து மலட்டு மகரந்தங்களை உண்டு பண்ணினார். இச் செடிகளில் கொத்தாகத் திராட்சைகள் உண்டாகாமல் தளர்ந்த கொத்துக்களே காய்த்தன. இதனால் அதிக அளவு திராட்சைகள் கிடைத்தன. அவ்வாறே வேறொரு செடியில் விதையற்ற திராட்சைகள் காய்ந்தன.

1945ம் ஆண்டு ஜுலை 16ந்தேதி முதன் முதலாக ஹிரோஷிமாவில் (ஜப்பான்) வெடித்த அணுக்குண்டின் விளைவு என்ன என்பதை எல்லோரும் அறிவர். அக்குண்டிலிருந்து கிளம்பிய கதிர்களினால் பலர் பாதிக்கப்பட்டனர். பின் சந்ததிகள் தாம், மரபியல் தீங்கினால் பாதிக்கப்படுவார்கள். பல ஆண்டுகளுக்கு அவற்றின் தீமைகள் இருக்குமாகையால் அவற்றைப் பற்றி அறிய ஒரு தனி ஆய்வுக் கூடத்தை அணு ஆற்றல் பொறுப்புக்குழு (Atomic Commission) நியமித்துள்ளது.

கட்டுப் பாட்டுடன் ஏற்றப்பட்ட கதிர்கள் வைத்தியத் துறையில் பயன்படுவது என்பது எல்லோருக்கும் தெரிந்ததே. ரேடியோ செயல்திறன் அயோடின் (radio active iodine) தைராய்டுப் புற்று நோயைக் குணப்படுத்தப் பயன்படுகிறது. அதிக அளவு கதிர்கள் உடலில் பாயப் பெற்றால் கெடுதல்கள் தாம் விளையும் என்பது தெரிந்ததே. ஐக்கிய நாட்டு ஒப்பந்தப்படி ஹைட்ரஜன் குண்டு போன்றவற்றை எந்த நாடும் நாசவேலைக்குப் பயன்படுத்தக் கூடாது என்று இருப்பது எவ்வளவோ நன்மை பயப்பதாகும். இல்லையேல் மனித வர்க்கமே ஏன்? எல்லா உயிரினங்களுமே பாதிக்கப்படுவது திண்ணமாகும். அவ்வாறில்லாமல் இருந்தால் அது எந்த நிலையான திடீர் மாற்றங்களுக்குக் கொண்டு செல்லுமென்று தெரியாது.

13. புற்றுநோய் அல்லது கேன்சரின் மரபியல் (Genetics of Cancer)

புற்றுநோய் எல்லா நாடுகளிலும் பரவிக் காணப்பட்டாலும் அதற்குரிய நிவாரணம் இன்னும் தெளிவு படாத நிலையிலேயே இருக்கிறது. ஆரம்ப காலத்தில் இதன் அறிகுறிகள் தெரிந்து தடுத்தாலொழிய இதைத் தவிர்க்க முடியாது. இந்நோய்க்குப் பல காரணங்கள் இருந்தாலும், பாரம்பரியத்தில் காணுதல், சூழ்நிலை காரணிகள் என சில வேதியற் பொருள்கள், கதிரியக்கம், வைரஸ்கள் மூலம் தூண்டப் பெறுதல் முக்கியமானவைகளாகும். காரணங்கள் பலவானாலும் அவைகள் மரபு வழியில் யாவும் ஒரே பொதுச் செயலைப் புரிகின்றன.

புற்றுநோய் என்பது உடலுறுப்புகளில் தோன்றும் கொடூர மான புதியதொரு வளர்ச்சியாகும் (malignant neoplasm). சாதாரணமாக செல்கள் தங்களுக்குரிய வேலைச் செய்து வரு மானால் அச்செல்கள் நன்மை செய்வனவாகும் (Benegin: Latin: bene = well genus-variety) ஆனால் அசாதாரணக உயிர்களுக்கு செல்கள் நன்மை செய்யாவிடில் அவைகள கெடுதல் செய்வன வாகும் (Malignant: Latin: malus =bad.)

இப்புதிய வளர்ச்சி மற்ற இடங்களுக்கும் பரவும் தன்மை யுடையது (metastasis). இவ்வளர்ச்சி உடற் திரவங்களான இரத்தம், நிணநீர், மூளை தண்டு வடநீர் மூலம், சில செல்களின் போக்குவரத்தினால் நிகழ்கிறது. எவ்விடத்தில் கிளைக்க வேண் டுமோ அவ்விடத்தை நிணநீர், சிரை இரத்தம் ஆகியவற்றின் வழிதான் நிர்ணயிக்கிறது. இதற்குரிய செல்கள் உடல் உறுப்பு களில் உள் வளர்ச்சியை கட்டி போன்று (tumour) வளரத் தூண்டுகின்றன. உள்ளுறுப்புகளின் சளிச்சவ்வு போன்ற தோலிற்கும், அதற்கடியிலுள்ள சவ்விற்கும் இடையில் குறிப்பாக முதலில் இச்செல்கள் செயலாற்ற முற்படுகின்றன. ஆரம்பத்தில் இச் செல்களுக்கும், மற்றச்செல்களுக்கும் வேறுபாடுகள் இராவிட்

டாலும் போகப் போக அமைப்பே வேறுபடுகிறது. இச்செல்களுக்கு வளர்ச்சி என்பது குழப்பமாகவேத் தோன்றும் (chaotic) மற்ற செல்கள் போன்று இராமல் கட்டுப்பாடற்ற வளர்ச்சியே இச்செல்களின் குணமாகும்.

இதற்குரிய செல்கள் குழந்தைகளிடத்தில் காணப்படா விட்டாலும், வயது ஆக ஆக (மத்திய வயதிற்குப்பின்) தோற்ற மளிக்கின்றன. குறிப்பாகக் கூற வேண்டுமென்றால், உடலின் வயிற்றுச் சிறுகுடற் பாதையில் குடற் புற்றுநோய் (carcinoma) தோன்ற ஆரம்பிக்கும். தொண்டை, இரைப்பை, குடல், சிறு குடல், கல்லீரல் நாளம், கணையம், மலக்குடல் எந்த இடத்திலும் இது தோன்றும். ஆண், பெண் இரு பாலரிடத்திலும் வயது அதிகமாக ஆகத் தோன்றுவதுண்டு. பெரும்பாலும் இரைப்பை, குடல் புற்று நோயினாலேயே பலரும் இறக்க நேரிடுகிறது.

இரைப்பைப் புற்று நோய்ப்பற்றி வெகுவாக பல நாடுகளிலும் ஆராயப்பட்டுள்ளது. பின்லாந்து, ஐஸ்லாந்து, ஜப்பான் நாடுகளில் இந்நோய் அதிகமாகக் காணப்படுகிறது. பெண்களைவிட ஆண்களே இதனால் அதிகமாகப் பாதிக்கப்படு கின்றனர்; பெரும்பாலும் பரம்பரையில் தோன்றுவதே அதிக மாகும். சில சமயங்களில், சில குடும்பங்களில் எதிர்பாராத நிலையில் இந்நோய் காணப்படுவதுண்டு. உதாரணமாக இரட்டை யர்களை குறிப்பாக எடுத்துக் கொண்டால் பரம்பரையில் இருந்தால் இருவருக்குமே இந்நோய் தோன்றும். ஒருவருக்கு மட்டும் தோன்றி மற்றவரிடம் காணப்படாமலிருந்தால் சூழ்நிலையினால் பிறகு ஏற்பட்டது என்று திட்டவட்ட மாகக் குறிப்பிட முடியும். அவ்விரட்டையரில் ஒருவரில் உடற் கட்டில், இரத்த சோகை இருக்குமானால், அத்துடன் A வகுப்பு இரத்த வகை இருந்து விட்டால் குடற் புற்றுநோய் தோன்ற வாய்ப்பாக இருக்கும் என்று ஆராய்ச்சி மூலம் தெரிவித்துள்ளனர். சில நாடுகளில் புகைக்கப்பட்ட மீன் உணவுகூட காரணம் என்றும் கூறுகிறார்கள். குடற் புற்று நோய் பரம்பரை மூலமே அதிகம் காணப்படுகிறது. A வகுப்பு மனிதர்களுக்கு உமிழ் நீர் சுரப்பி புற்றுநோய் கட்டியும் (tumour), தொண்டைப்புற்று நோயும், கணையப்புற்று நோயும் அதிகமாகக் காணப்படுகின்றன. 'O' வகுப்பு மனிதர்களுக்கு குடற்புண் (ulcer) தான் அதிகம் தோன்று கிறது என்று கணக்கிட்டுள்ளார்கள். குடல் மூளைநோய் (polyposis) ஓங்கும் ஜீனால் (dominant) தோன்றுகிறது.

அமெரிக்கப் பெண்களிடத்தில் மார்புப் புற்றுநோய் அதிகமாகவும், ஜப்பானியர்களிடம் குறைவாகவும் காணப்படுகிறது. குழந்தை இல்லாத பெண்களிடத்தில் இந்நோய் அதிகம் காணப் படுவதாகவும் கணக்கிட்டுள்ளார்கள். மேலும் நாளமில்லா சுரப்பிகளின் பங்கு இதில் அதிகமென்றும் தெரிகிறது. அண்ட சுரப்பி (ovary) நீக்கப்பட்டால், எஸ்ட்ரோஜன் (estrogen) உற்பத்தியின்மை காரணமாகவும் இந்நோய் உண்டாகலாம். இந்நோய் இளம் பெண்களை அதிகம் பாதிக்கிறது. குடற் புற்று நோய் அதிகமாக இவர்களுக்கு உண்டாவதில்லை.

சிறுநீரக-இனவிருத்தி உறுப்புகளிலும் புற்றுநோய் உண்டாவதுண்டு (genito-urinary carcinoma). நுரையீரல் புற்றுநோய் (lung cancer) கூட அதிகம் காணப்படுகிறது. லூக்கிமியா (leukemia) என்ற இரத்த வெள்ளணுப் புற்றுநோய் மிகவும் தெளிவாக ஆராயப்பட்டிருக்கிறது. அயனக் கதிரியக்கம் (ionising radiation), ஹிரோஷிமா, நாகசாகி ஆகிய இடங்களில் அணுகுண்டு அயனக் கதிரியக்கத்தினால் பாதிக்கப்பட்டவர்களிடம் இந்நோய் அதிகமிருக்குமென்றும் அது பரம்பரையாகத் தோன்ற வழியுண்டு என்றும் கண்டுள்ளார்கள். துகள்சைட்டுகள் (granulocytes) வளர்ச்சியில் தடங்கல் ஏற்பட்டு பூரண வளர்ச்சியடையாமலே எலும்பு மாரோவிலும் (bone marrow) இரத்தத்திலும் அதிக அளவு காணப்படும் நிலை உண்டாவதினால் இந்நோய் உண்டாகிறது. இத்துடன் இதற்குரிய வைரஸ் தோன்றியதினால் மேல் நாடுகளில் (இல்லினாய்ஸ்) சில பள்ளிச்சிறுவர்கள் பாதிக்கப்பட்டதாகவும் கூறப்படுகிறது. ஆப்பிரிக்காவில் காணும் லிம்ஃபோமா (lymphoma) என்ற கட்டி, லூக்கிமியாவிற்கு ஒத்துள்ளது என்று தெரிகிறது.

புற்றுநோய் செல்களின் செல்லியமைப்பு :

அ. நியூக்ளியஸ்

(i) குன்றல் பிரிவின் இடைநிலை:

1837ம் ஆண்டு முதன் முதலாக பாரீஸ் நகரில் குளுக் (Gluge) என்பவர் மார்புக் கட்டியிலிருந்து (mammary tumour) சுரண்டி எடுத்ததை நுண்ணோக்கியில் பார்த்தபோது, அதில் சுமார் 8 μ குறுக்களவுள்ள கோளவடிவ செல்களைக் கண்டார். இச்செல்கள் அப்பார்வையின் $\frac{3}{4}$ பங்கு அளவு இடத்தை அடைத்துக் காணப் பட்டன. இப்பூதச் செல்கள் பற்றி, விஞ்ஞானிகள் மகா நாட்டில் (Academy of Sciences) படித்தார். இச் செல்களே புற்றுநோய்

செல்களாகும் என்று விளக்கினர். ஜான்ஸ் முல்லரும்-விர்ச்சோ (Johanns Muller and Virchow) இச் செல்கள் பற்றி முதன் முதலாக வெளியிட்டனர். ரிப்பர்ட் (Ribbert 1914) என்பவரின் அறிக்கை இக் கொள்கையை மேலும் தெளிவுபடுத்தியது. இச் செல்கள் தானாகவே இயங்கக்கூடிய பெரிய செல்களென்றும், வளர்ந்து கொள்ளும் ஆற்றலுடையனவென்றும் தெளிவாக விளக்கினர். இச் செல்கள்தான் கொடூரத்திற்குக் (malignancy) காரணமென்றும் முதன் முதலில் அவர் தெரிவித்தார்.

இச் செல்கள் உடற் திசுக்களில் இல்லாமல், (திசுவளர்ப்பு முறையினால்—tissue culture) வெளியிலும் வளரச் செய்தால் அதன் நோய்த்திசுக் குணத்தை அப்படியே கொண்டுள்ளதாக, கேரல், எப்லிங் (Carrol and Ebbling) போன்றவர்கள் விளக்கினர். அம்மாதிரி செல்களை நல்ல உயிரினங்களுக்கு ஊசி மூலம் ஏற்றினால், கொடூரக் கட்டியை (malignant tumour) உண்டாக்குவதாகவும் கண்டறிந்தனர். சுமார் 12 ஆண்டுகள் ஆராய்ச்சியின் பலனாக, ஃபிஷ்ஷரும், டேவிட்சனும் (Fischer and Davidson, 1939)சுண்டெலி புற்றுநோய் செல்களை தக்க ஊடகத்தில் வளர்த்து, அதிலிருந்து கிடைத்த செல்களை ஊசி மூலம் ஏற்றி புதியதொரு கட்டியை உண்டாக்கினார்கள். லூக்கிமியா. சார்கோமா பரிசோதனைகள் 1937-50 வரை நடைபெற்றதில், புற்றுநோய் செல்கள் பற்றி வெகுவான விளக்கம் கிடைத்தது. இந்நோய்ச் செல்கள் யாவும் வெவ்வேறு வகையாக உள்ளன என்பதும் சாதாரண செல்களைப் போன்றில்லாமல் இருக்கின்றன என்பதும் பிற்கால ஆராய்ச்சிகள் தெளிவுபடுத்தின.

எலக்ட்ரான் மைக்ராஸ்கோப் மூலம் இச் செல்களைப் பார்த்தால் அவைகளிலுள்ள நியூக்ளியஸின் விளிம்பு, பள்ளங்களுடன் வரையறையின்றி தோற்றமளிக்கின்றன. ஹேபெர்க் (Heiberg) என்பவர் தாம் வெளியிட்டுள்ள (1908 முதல் 1957) ஆய்வுத் தாள்களில் அச் செல்களின் பருமன் (volume) பற்றி தெளிவுபடுத்தியுள்ளார். இச் செல்கள் பலவாறாகப் பருத்திருப்பது ஒரு பொதுக்குணமாகும். இப்பருமன் அச்செல்களின் நியூக்ளியஸ் மைட்டோடிக் படம் போன்ற எல்லா பாகங்களிலும் காணப்படும். நியூக்ளியஸ் மட்டும் அளவுடன் படிப்படியாக பெருத்திருப்பதை அவர் விளக்கியுள்ளார். மேலும் அவ்வாறான கேன்சர் செல்களில் உள்ள குரோமோசோம்களும் பருத்துக் காணப்படுவதற்கு காரணம் அக் குரோமோசோம்கள், சாதாரண நியூக்ளியஸில் காணப்படுவதைவிட, எண்ணிக்கையில் பெருகிக் காணப்டுவதுதான் காரணம் என்று கூறுகிறார். அதாவது நான் மயம்

(tetraploidy) பன்மயம் (polyploidy) என்ற அளவில் பெருகிக் காண்பதே. ஆனால் ஜேக்கோப்ஜ் (Jacobj) என்பவரின் கொள்கைப்படி, நியூக்ளியஸும் மற்ற உறுப்புகளும் பருத்திருக்கின்றன என்பதுடன், அதற்கு குரோமோசோம்கள் எண்ணிக்கையில் பெருகி இருப்பதும் காரணம் என்கிறார். இப் பெருக்கம், ஜியோமிதிப் பெருக்கம் (geometrical progression) ஆகும் (*1: 2: 4: 8: 16: ...*). இப் பெருக்கம் அந்த செல்லின் மொத்தத்திற்கும் பொருந்தும் என்றும் குரோமோசோம்களுக்கு மட்டுமல்ல என்றும் கூறியுள்ளார்.

நியூக்ளியஸ் பெருத்துக் காண்பது (hypertrophy) என்பது எல்லா கேன்சர் செல்களுக்கும் பொருந்தும் என்று கூறமுடியாது. சில கேன்சர் செல்கள் (e.g., cervix) மற்ற சாதாரண செல்களில் காணப்படும் அளவே, தோன்றும் என்று ஸ்டோட்பெக் (Strodtbeck *1937*) கூறியுள்ளார். மேலும் நாளமில்லா சுரப்பிகளின் சுரப்பால் (உ-ம் தைராய்டு---(Grave's disease) நியூக்ளியஸ்கள் பெருத்து, பூதசெல்களாகத் தோற்றமளிக்கும். அவ்வாறே பாராதைராய்டு அடினோமாச் செல்களிலும் (parathyroid adenomas) காணப்படும்.

நியூக்ளியஸின் பருமன் பெருக்கம் அதிக சுறுசுறுப்பான வளர்சிதை மாற்றத்தினாலும் ஏற்படுவதுண்டு. கல்லீரலின் இடைப் பகுதியின் செல்களில் நியூக்ளியஸ்கள் பெருத்துக் காணப்படுகின்றன (Clara *1930*).

நியூக்ளியஸில் காணப்படும் நிறப்பகுதியான ஹெடரோ குரோமேட்டின் (heterochromatin) என்பது அதில் காணப்படும் ஒரு பகுதியேயாகும். கேஸ்பெர்சனும் சான்டெஸ்சனும் (Caspersson and Santesson) A, B என்ற இரு வகை செல்கள் இருக்கின்றன என்று கூறினார். A செல்களின் நியூக்ளியஸ் சாதாரணமாகவோ அல்லது சற்று பருத்தோ, குரோமேட்டின் புழுதியுடனும் (chromatin dust) தெளிவான ஆனால் அவ்வளவாக அகலாத நியூக்ளியோலசுடனும் காணப்படும். B செல்களின் நியூக்ளியஸ் அகன்றும் குழிகளுடன் (vesiculated) குரோமேட்டினும், டிஎன் ஏயும் சற்றுக் குறைவாகவும், பெரிய நியூக்ளியோலஸும், காணப்படுவதுடன் கடினமான, ஒழுங்கற்ற நியூக்ளியார் சவ்வுடனும் காணப்படும். ஆனால் இச் செல்களின் நிலை ஆய்வு நிலையிலே இருக்கின்றன. இச்செல்களின் டிஎன்ஏ அளவு பற்றிய ஆய்வும் நடைபெற்றுக் கொண்டிருக்கின்றன. கேன்சர் செல்களில் நியூக்ளியோலஸ்

பெருத்திருப்பது (hypertrophic) தெரிந்ததே. பியன்சி (Piancse 1896) என்பவர் முதன் முதலாக இதைப்பற்றி கூறினர். மெக்கார்த்தி (Mecarty 1937) என்பவர், கட்டிகளில் (tumours) நியூக்ளியோலஸ் பருத்திருப்பதுபற்றி விளக்கும்போது கேன்சர் செல்கள் பருத்து நோயுற்றிருப்பதாகக் கூறினர். இது பற்றி பல கொள்கைகள் தோன்றியிருப்பினும், புரதச் சேர்க்கையின் போதுகூட நியூக்ளியோலஸ் பருத்து காணப்படும் என்றும் கூறினர். ஆகவே அதிகப்படியாக வேலை நடைபெறும் போது அப்பகுதி பருத்துக் காணப்படும் என்று தோன்றுகிறது (pathognomonic of cancer growth).

கொடுங் கட்டிகளினுள் உள்ள (malignant tumour) நியூக்ளியோலஸில், ஆர்ஜண்டோஃபைல் (argentophile) குமிழ்கள், துகள் என்பன போன்றவைகள் உள்ளடங்கியுள்ளன. அவைகளுக்கு நியூக்ளியோலினி (nucleolini) என்றுபெயர். இவைகள் நோய்க் குரியனவா? (pathogenic) என்பதும் கேள்விக்குறியாகும். ஏனெனில் எஸ்டேபிளும் சோட்டிலோவும் (Estable and Sotelo, 1955) அம்மாதிரியான ஆர்ஜண்டோஃபைல் உறுப்புகளை சாதாரண (normal) நியூக்ளியோலஸ்களில் கண்டு, விளக்கியதுடன் அவைகளுக்கு நியூக்ளியோனீமா (nucleonema) என்றும் பெயரிட்டுள்ளார்கள்.

கேன்சர் செல்களில் நியூக்ளியோலஸ்கள் அடிக்கடி, சாதாரண செல்களை நோக்க, அதிகமாகக் காணப்படுகின்றன. இதற்கு பலமயம் (polyploidy) தான் காரணமாக இருக்கக்கூடும். அவ்வாறே இடவமைப்பும், மாறி காணப்படும். (indiffenent) புற்றுநோய்த் தோற்றத்திலும் (carcinogenesis) கேன்சர் செல்கள் வளர்ச்சியிலும், ஹெட்டிரோகுரோமேட்டினும் (hetero-chromatin) நியூக்ளியோலஸும் காரணம் விளங்காமல் தூண்டப் படுகின்றன. பிராஷே (Brachet 1950) போன்றவர்கள், புரதச் சேர்க்கையில் இவைகளின் பங்கைப்பற்றி ஆராய்ந்ததில். முக்கியத் துவம் பற்றி ஐயம் ஏற்பட்டுள்ளது. எலக்ட்ரான் மைக்ராஸ்கோப் மூலம் கட்டி செல்களைப் பார்த்தபோது வலையமைப்பு (reticulate) அல்லது கதிரமைப்பு (filaments) போன்று நியூக்ளியோலஸ்கள் தெரிகின்றன. இதுவே அநேகமாக ''நியூக்ளியோனீமாவாக'' இருக்கலாம் என்று எஸ்டேபிள் (Estable) கருதுகிறர். இதைச் சுற்றி காணப்படும் துகள்கள் கூட்டத்தை ''பார்ஸ் அமார்ஃபா'' (Pars amorpha) என்று கருதுகிறர். இப்பகுதி கூறிய நுண்ணோக்கி மூலம் பார்க்கும் போது, இரு வித மூலகங்களை

(elements) கொண்டுள்ளதாகத் தெரிகிறது. ஒன்று 100-200A விட்டமுள்ள எளிய துகள்கள் (dense granules) இரண்டு 80-100A நீளமுள்ள கதிரமைப்பு, ஆனால் ''நியூக்ளியோனீமாவிற்கும்'' ''பார்ஸ் அமார்ஃபாவிற்கும்'' அதிக வேறுபாடுகள் இல்லை என்றும் கருதப்படுகிறது.

ஆகவே கேன்சர் செல்களின் நியூக்ளியோலஸ் நியோ பிளாஸ்டிக் மாற்றத்திற்குறிய (neoplastic change) குறிப்பிட்ட பண்புகளைப் பெறவில்லை என்றும், அதில் காணப்படும் மாற்றங்கள் யாவும் வளர்சிதை மாற்றங்களின் இடையூறுகள்தான் என்றும் தோன்றுகின்றன.

நியூக்ளியார் சவ்வு (nuclear membrane) தடித்தும் ஒழுங்கற்றும் இருக்கும். இரு உறைச் சவ்வு போன்ற அமைப்பையும் அவ்வுறைச் சவ்வு பல துளைகளுடனும் காணப்படும். அத்துளைகள் நேரே சைட்டோபிளாசத்தில் திறக்காமல் எர்காஸ்டோபிளாசத்தில் (ergastoplasm) திறக்கின்றன. நியூக்ளியோலஸுக்கும் சவ்வுக்கும் நேரடித் தொடர்பு இல்லாவிட்டாலும் ஹையலோபிளாசத்தின் (hyaloplasm) ஊடே சைட்டோபிளாசத்திற்கு தொடர்பு ஏற்படுகிறது. பெரும்பாலும் இப்பகுதிகள் யாவும் சாதாரண செல்லில் (normal) காண்பது போன்றே இருக்கின்றன. யோஷிடா சார்கோமாவில் (Yoshida sarcoma) நியூக்ளியர் சவ்வுடன் மைட்டோகாண்ட்ரியா நெருங்கிய தொடர்புடையது என்று யாசுஓமி (Yosuzumi 1959) கருதுகிறார்.

(ii) குன்றல் பிரிவின்போது நியூக்ளியஸ்

குரோமோசோம்கள் : 1890 ஆம் ஆண்டு ஹன்சிமான் (Hansemann) என்பவர்தான் முதன் முதலாக குன்றல் பிரிவின் போது கேன்சர் செல்களில் குரோமோசோம்கள் அசாதாரணமாக (behaviour) பழகுகின்றன என்று வெளியிட்டார். அதற்கு பின் பலரும் அது பற்றி ஆராய ஆரம்பித்ததில் நிலையான திடீர் மாற்றக் கொள்கைகளைக் (mutation theory) கொண்டு இதற்கு விளக்கம் கூறினர் (Boven 1914, Sutton 1938) தற்சமயம் கொடுங் கட்டிக் (malignant tumour) குரிய குரோமோசோம்களின் எண்ணிக்கை தெளிவாக விளக்கப்பட்டுள்ளது.

மனிதர்களுக்கு 46 குரோமோசோம்கள் என்ற எண்ணிக்கை நிர்ணயிக்கப்படாத நிலைக்கு முன் பல ஆய்வுகள் நடைபெற்றுள்ளன. (Ising and Levan 1957) (உ-ம்) சுண்டெலி கட்டிகள்

(Winge *1930*, Hsu and Klatt *1958*), முயல்கட்டி (Palmer *1959*), எலிக்கட்டி (Yoshida *1927*), தாவரக்கட்டி (Winge *1927*). இவர்களின் ஆய்வினுல் சாதாரண இரட்டைமய (normal diploid) குரோமோசோம்கள் எண்ணிக்கைதான் இச்செல்களிலும் காணப்பட்டது. ஆனுல் சட்டப்படி கேன்சர் செல்களிலாகட்டும், சாதாரண செல்களிலாகட்டும், ஓர் இனத்தின் இரட்டை மயம் மாறித்தான் (deviate) காணப்படும். அதாவது அனுபிளாய்ட் ஆக (aneuploid) இருக்க வேண்டும். அதாவது கேன்சர் செல்களில் குரோமோசோம்களின் எண்ணிக்கை அவ்வினத்தின் எண்ணிக்கைக்கு அதிகரித்தே இருக்க வேண்டும் (hyperdiploid, hypotetraploid, hypertetraploid or polyploid values) அதாவது 4 முதல் 5000 குரோமோசோம்கள் வரை ஒழுங்கற்றுக் காணப்படும் (Levan *1956*). இருப்பினும், இக் குழப்பத்திலும் (chaos) ஒரு வரிசைக் கிரமம் (order) காணப்படும். குரோமோசோம்களின் எண்ணிக்கை நான்கின் மடங்காகவோ, எட்டின் மடங்காகவோ இருக்கும் அல்லது சில குரோமோசோம்கள் குறைந்தோ (hypodiploid) காணப்படுவதுண்டு. ஆனுல் இவைகள் சில செல் வாரிசுகளின் (cellular lines or stem lines) அடிப்படையில் விளக்கலாம். உதாரணமாக அமைப்பு (shape), எண்ணிக்கை (number), மெட்டாஃபேஸின் போது ஏற்படும் திருப்பம், V குரோமோசோம் எண்ணிக்கைப் போன்றவைகளைக்கொண்டு பகுத்து விடலாம். (Hirosaki sarcoma in rats by Dr. Makino) கோல்ச்சிஸீன் (colchicine) போன்ற வேதிப் பொருட்களைக் கொண்டு இந்த தலையாய வரிசைகளைக் (stem lines) கண்டறியலாம் (Lettre *1953*).

ஆகவே ஒவ்வொரு கட்டியும் (tumour) பல வேறுபட்ட குரோமோசோம்களின் தொகையைக் கொண்டுள்ளதாகவும், நிலையான வரிசைகள், ஆனுல் நிலையான குரோமோசோம் அமைப்பை ஒன்று அல்லது பல வரிசைகளைக் கொண்டுள்ளதாகவும் இருக்கிறது. இந்த தலையாய வாரிசுக் கொள்கையைப் (stem line concept) பலரும் பகுத்து ஆய்ந்துள்ளனர் (Tonomura *1953*; Richards etal *1956*). மேலும் இம்மாதிரியான ஒழுங்கற்ற நிலை கேன்சர் செல்களுக்கு மட்டும் தான் உரியதொன்றில்லை. ஹெட்டிரோபாலிபிளாய்டி (heteropolyploidy) நிலை கல்லீரல் செல்களில் தோன்றுவதாகக் கூறியுள்ளார்கள் (Glass *1957*). திசு வளர்ப்பு (tissue culture - in vitro) மூலம் இவைகளை மேலும் உறுதிப்படுத்தியுள்ளனர்.

மரபியல் நிலையற்ற நிலை (genetic instability) என்பதும், கேன்சர் செல்களுக்குரியதொரு குணமாகும். கட்டி செல்களின் சந்ததியில் (strain) குரோமோசோம்களின் மாற்றங்கள் இடைவிடாது நடைபெறுகின்றன. கட்டியின் இரட்டைமயத்தில், 5% பலமயம் இருந்தால் அது 5% இரட்டைமயம் கொண்டதாக மாறுவதுண்டு (shift). இத்திருப்பம் (reversal) நேரும் போது கட்டிகளின் பொருக்கு ஒட்டுத்தன்மை(tumor's selective affinity), அந்த குறிப்பிட்ட வரிசை விலங்குகளிடமிருந்து இழக்கவும் நேரிடுவதுண்டு. இந்நிலை காரணமின்றி, திடீரென்று நிகழும். அவ்வாறு நிகழ்வதற்கு சூழ்நிலை அல்லது அந்த சந்ததியின் (strain) மாற்றமே காரணமாகும். ஹௌசெக்காகவும் லீவினும் (Hausckka and Levan 1953) ஆய்ந்ததில், குரோமோசோம்கள் பலமயமாக மாற்றம் பெறுவது அவைகளின் திசுக்களின் தகவுத்தன்மையைப் (histocompatibility) பொறுத்ததென்றும், அதற்கு அவர்கள் எதிர்ப்புத்தேர்வு (immune selection) கொள்கை என்று பெயரிட்டார்கள். ஒரு நிலைக்குபின் பொருக்குத்தேர்வில் ஒரு தடை ஏற்பட்டுவிடும். புதிய விருந்தோம்பி சந்ததியில் (host strain) அத்தடை ஏற்பட்டுவிடும். திரும்பவும் பழைய சந்ததியில (strain) (உ-ம்) சுண்டெலி சந்ததி C 3 Hம் DBA2ம் strains), சேர்ந்தால் தான் ஆரம்ப இரட்டை மயம் கிடைக்கும். ஆகவே கேன்சர் செல்களில் ஏற்படும் குரோமோசோம்கள் மாற்றம், சூழ்நிலைக்கேற்ப மரபிய ஒத்துப்போதல் (genetic adjustments) தான் காரணமாகும். புதிய வழிவகைத் தோன்றல் என்பது நேர் பொருக்கு மதிப்பைப் (positive selective value) பொருத்தும், வளர்ச்சித் தன்மையைப் (growth capacity) பொருத்தும் அமைகிறது. தலையாய வாரிசுகளின் (stem lines) குரோமோசோம்கள் வேறுபட்டு காணப்படும். சில குட்டையாகவும் சில சுருங்கியும் காணப்படும். மற்றும் சில நீண்டும், இழைபோன்றும், மெலிந்தும், ஒழுங்கற்றும் காணப்படுவதுமுண்டு. சில பூத அமைப்புடனும் தோன்றுவதுண்டு. குறிப்பாகச் சொல்லப் போனால், சிறியதிலிருந்து பெரியது வரையிலும் சாதாரண செல்களில் காணப்படுவது போன்றில்லாமல் தோன்றும். டைசென்ட்ரிக் (dicentric) முதல் டீலோ சென்ட்ரிக் (telocentric) வரையிலும், V-அமைப்பு, J-அமைப்பு போன்றும், அசாதாரண நிலையிலும் காணப்படும். (Makino and Kano 1953). இவ்வாறெ சுண்டெலிகளின் கேன்சரிலும் காணப்படுவதாகக் கூறியுள்ளார். (Bayrellther 1952). இதில் A- குரோமோசோம்கள், B-குரோமோசோம்கள் என்றவைகளில் V-அமைப்பு காணப்படுகிறது. அல்ட்ரா அமைப்பைப் பொருத்த வரையிலும், எலக்ட்ரான் மைக்ராஸ்கோப் மூலம்

பார்க்கும்போது, சிறப்பான வேறுபாடுகள் எதுவும் காணப்படவில்லை. குறிப்பாகக் கூறுவோமானல் கேன்சர் செல்களில் காணப்படும் எண்ணிக்கை (number), அமைப்பு (form) மாற்றங்கள், மற்றநிலையான திடீர் மாற்றங்கள் யாவும், சாதாரண செல்களில் காண்பது போன்றே இருக்கின்றன. ஆனல் ஜீன் மியூட்டேஷன் (gene mutation) மட்டும் 'அழியும்' (fatal) ஜீன்கள் சேர்க்கையாக காணப்படுகிறது.

நேர்முகப்பிரிவு அல்லது மைட்டோசிஸ் பிரிவில் குரோமோசோம்கள் பலவாருகப் பழகுகின்றன. மத்திய தட்டிலிருந்து குரோமோசோம்கள் நகரும் போது ஓர் வெற்றிட மெட்டாஃபேஸாக (hallow metaphase) அமைகிறது. அனஃபேஸ் நிலையில் அவைகள் நகராமலும் இருந்து விடுகின்றன. இன்னும் சிலவகை கட்டிகளில் டி. மைட்டோசிஸ் (devitaing mitosis) போன்ற அசாதாரண நிலை காணப்படுகின்றன. கோல்ச்சிஸின் மைட்டோசிஸில்(C-mitosis)Colchicine mitosis) குரோமோசோம்கள் மத்தியக் கோட்டில் ஒழுங்கற்று அமைந்து காணப்படும். பல போலார் (multipolar) மைட்டோசிஸ் கூட கேன்சர் செல்களில் தோன்றுகின்றன.

எஸ்ட்ரோஜன் (estrogen) சம்பந்தப் பட்டுள்ள உறுப்புகளில் (உ-ம்) "cervix uteri" மெட்டாஃபேஸ் நிலை மூன்று குரூப் (three-group metaphase) — (Scarpelli and Vonhaam 1957). இன்னும் சிலவற்றில் மெட்டாஃபேஸ் நிலை முடிவுருமலும் காணப்படுவதுண்டு. இதற்கு குரோமோசோம்கள் பிரிவதற்கு முன் இரட்டித்துப் போவதே காரணமாகும் என்று கூறுகிருர்கள். இதற்கு எண்டோரீ டுப்ளிகேஷன் (endore duplication) அல்லது "உள் மறு இரட்டிப்பு" என்று கூறுகிருர்கள் (Levan and Hanschker, 1953). இன்னும் பல காரணங்கள் கூட இம்மாதிரியான அசாதாரண நிலைக்குக் கூறுகிருர்கள். மேலும், மைட்டோசிஸ், இச்செல்களில் அடிக்கடி நிகழும் ஒரு நிகழ்ச்சியாகும். இது நோய்க்குறியே அன்றி கேன்சருக்கு மட்டும் உள்ளது என்று கூறமுடியாது.

ஆ. சைட்டோபிளாசம்

கேன்சர் செல்களில் காணப்படும் சைட்டோபிளாசத்தினுள் ளடங்கிகள் சாதாரண செல்களில் காண்பதைவிட சிறியதாகவே காணப்படும். மேலும் அவைகள் இரு வகையான எதிரெதிர்க் கொள்கையினுல் (phenomena) பாதிக்கப்படுகின்றன.

1. அனுபிளாசியா. (de-differentiation or anaplasia) வேறு பாடின்மை. 2. அமைப்பு வேறுபாடு (structural diversity) கட்டிசெல்களில் அனுபிளாசியா ஏற்படும் போது சைட்டோ பிளாசத்தில் தெளிவாகத் தெரிந்த உறுப்புகள் யாவும் மறைந்து விடுகின்றன.

புற்று நோய்ச் செல்களில் மைட்டோகாண்ட்ரியாவின் (mitochondria) எண்ணிக்கை செல்லுக்கு செல் மாறுபட்டும், கட்டிக்குக் கட்டி மாறுபட்டும் காணப்படும். சாதாரண செல்களை நோக்க இவைகள் குறைந்தே காணப்படும். உருவமும் பருமனும், பலவாறுகத் தோன்றும் என்று பலரும் கூறியுள்ளார்கள். பூத மைட்டோகாண்ட்ரியாவும், சாதாரண செல்களில் காண்பதற்கு மேல் பெரியனவாகவும் தோன்றும் என்று கூறியுள்ளனர் (Novikoff 1957, Wessel and Bernhard 1957). இது சுமார் 4 μ விட்டமுடையது மைட்டோகாண்ட்ரியாவில், சவ்வுகளின் உள் மடிப்பு அல்லது கிரிஸ்டேக்கள் (cristae) காணப்படும். மைட்டோகாண்ட்ரியாவைச் சுற்றி இரு சவ்வுகள் உண்டு. இவைகளினுள் காணப்படும் திரவம் (homogenous substance) மத்திய செறிவு (density) கொண்டது. சில பருத்து, உள்ளே ஒன்றுமிராமலும் இருக்கும். திரவத்தினுள் ஆஸ்மியோஃபிலிக் கார்பசில்கள் (osmiophilic corpuscles) காணப்படும். (உ-ம்) சுண்டெலியின் அண்டசுரப்பிக்கட்டி (ovarian tumour) அதனுல் அது பருத்துக் காணப்படும். மனிதன், எலி போன்றவைகளின் கல்லீரல் கேன்சரில், பல வேதிப் பொருட்கள் சேமித்து வைக்கப்பட்டுள்ளன.

கேன்சர் செல்லின் சைட்டோபிளாசத்தில் காணப்படும் பேசோஃபிலியா (basophilia) (உ-ம்) மார்புக்கட்டி கேன்சர் செல்கள்) மிகத்தெளிவாக அச்செல்லின் ஓரங்களில் காணப்படுகின்றன. இவைகள் எர்காஸ்டோபிளாசத்துடன் (ergastoplasm) தொடர்பு கொண்டுள்ளன. இது சவ்வு போன்றிருப்பதுடன் சிறு குழாய்களையும் (canaliculi) அதனுள் கொண்டுள்ளது. இச்சிறுக் குழாயினுள் திரவம் இருக்கிறது. அத்திரவத்தில் சிறு துகள்கள் காணப்படுகின்றன. ரோ சார்கோமாவிலும் (Rous sarcoma) இவ்வமைப்பு காணப்படுகிறது. மனிதனுடைய கேன்சரில், வலை போன்ற அமைப்புடன், எர்காஸ்டோபிளாசமும் காணப்படும்.

இ. கால்கை உறுப்புகள் (The Golgi Apparatus)

கட்டி செல்களில் காணும் கால்கை உறுப்புகளுக்கும் சாதாரண செல்களில் காணும் உறுப்புகளுக்கும் அதிக வேறு

பாடுகள் இல்லை. ஒரு சிலவற்றில் இவ்வுறுப்புகள் அதிக வேலை செய்வதாகவும் (hypertrophy) தெரிகிறது. 1955ல், எலக்ட்ரான் மைக்ராஸ்கோப் மூலம் சாதாரண செல்களிலும் புற்றுநோய் (கேன்சர்) செல்களிலும் விவரிக்கப்பட்டுள்ளன. கொடூரமான கட்டிகளின் எலக்ட்ரான் மைக்ரோகிராப்களும் (electron micrograph) வெளியிடப்பட்டன. (Dalton & Felix 1956) ஆனால் அவைகளில் அதிக வேறுபாடுகள் குறிப்பிடப்படவில்லை.

ங. சென்ட்ரியோல் (Centriole)

சென்ட்ரோசோமில் சென்ட்ரியோல் இருக்கிறது. இது இடை நிலையில் (inter phase) தெளிவாகத் தெரியாது. ஆனால் மைட்டோசிஸ் சமயத்தில் தெரியும். இது ஒற்றையாகவோ, இரட்டையாகவோ காணப்படும். கேன்சர் செல்களில் இதற்கு அதிகப் பங்குண்டு கேன்சர் செல்களில் சென்ட்ரோ சோம் தெளிவாகத் தெரியும். கோல்கை உறுப்புகளும், சென்ட்ரியோலும் அருகருகே காணப்படுவதால் இவைகளின் இருப்பிடமே, இடைநிலையில் துருவத்தை (polarity) நிர்ணயிக் கிறது.

உ. சைட்டோபிளாசத்தினுள்ளடங்கிய மற்ற உறுப்புகள்

பெனஸ்ட்ரேட்டட் சவ்வு (Fenestrated membrane)

சைட்டோபிளாசத்தில் காணப்படுவதுண்டு. இச்சவ்வு சாதாரண செல்களில் தோன்ரு. இது நியூக்ளியார் சவ்வு போன்றே இருக்கும். எலிகளின் மார்பு கட்டியிலும் பறவை களின் சார்கோமாவிலும் (sarcoma) இது காணப்படுகின்றது. இது எர்காஸ்டோபிளாசத்துடன் தொடர்ந்து காணப் படுகிறது. இச் சவ்வின் வேலை என்னவென்று இன்னும் தெளிவு படவில்லை.

சில கட்டி செல்களில், சிலியாக்கள் (cilia) காணப்படு கின்றன (Hamsters). சிறுநீரக கட்டிகளில் இம்மாதிரியான சிலியா கொண்ட விளிம்புகள் இருப்பதை விவரித்துள்ளார்கள். (Mannueiler and Bernhard 1957)

''பறவையின் கண் உள்ளடங்கிகளும்'' (birds eye inclusions), பிளிம்மர் உறுப்புகளும் (plimmer bodies) கண்டுபிடிக்கப் பட்டுள்ளன. இவைகள் ஹைப்பர்பிலாசியா (hyperplasia) அல்லது சென்ட்ரோசோமின் பெருக்கத்துடன் (multiplication of centrosome) தொடர்புடையனவாகக் கருதுகிருர்கள்.

கல்லீரல் கட்டியில், பித்தநீர் குமிழிகளும், மார்புக் கட்டியில் (adenocarcinoma) பால் குமிழிகளும், தைராய்டு கேன்சரில் கொல்லாய்டு குமிழிகளும் காணப்படுவதுண்டு. கொழுப்புப் பொருள் கோளங்களாக சேகரிக்கப்பட்டும் இச்செல்களில் காணப் படும். இக்கோளங்கள் அச்செல்கள் கெட்டுப் போதலினால் (degenerate) நிகழ்கிறது. அவ்வாறே வைரஸ்களும் வைரஸ் கட்டி களில் காணப்படும்.

௩௩. செல் சவ்வு (Cellular Membrane)

செல் சவ்வின் வேலைகளான நோயணுக்களுண்ணுதல் (phagocytosis, pinocytosis, clasmatosis) போன்றவைகள் யாவும், இச் செல்களிலும் நடைபெறுகின்றன. கொலாஜன் (collagen) உண்டாக்குவதிலும் சாதாரண செல்களை ஒத்தே இருக்கின்றன. செல் சவ்வு எந்த விதத்திலும் வேறுப்பட்டுக் காண்பதில்லை.

புற்றுநோய் உண்டாவதற்கு பல கோட்பாடுகள் கூறப்படு கின்றன. அவைகள் யாவும் முக்கியமாக கீழ்வரும் மூன்று முக்கிய வகைகளில் அடங்கிவிடுகின்றன.

(1) மியூட்டேஷன் கோட்பாடு (Mutation Theory of Cancer)

(2) வைரஸ் கோட்பாடு (Virus Theory of Cancer)

(3) நாளமிலா சுரப்பிகளின் இடையீட்டுத் தடை கோட்பாடு (Hormonal Distusbances Theory of Cancer)

புற்று நோய்க் காரணிகள்

பரம்பரையியல் (Heredity): சாதாரணமாக புற்று நோய்கள் பரம் பரையிலிருந்து உண்டாகலாம். இரட்டையர்கள் ஆராய்ச்சி மூலம், பரம்பரையில் இந்நோய் இருந்திருந்தால், அடுத்து தோன்று வதற்கு வாய்ப்பு அதிகமுண்டு என்று தெரிகிறது. நரம்பு சம் பந்தமான நோய் (neurofibromatosis - dominant), குழந்தை கண் நோய் (retinoblastoma - dominant) போன்றவைகள் இவ் வகையைச் சேர்ந்த எலிகளில், மாற்றி நடுதல் (transplantation) முறையினால் பல சோதனைகள் செய்து இம்மாதிரியான புற்று நோய்களை உண்டாக்கி ஆராய்ந்ததில் ஒரு சில வகை சந்ததிகள் (strain) தான் சுலபமாக ஏற்றுக் கொள்கின்றன என்று தெரி கிறது. கலப்புயிர்கள் சோதனைகளில் மரபியல் எதிர்ப்புக்கு பல

காரணங்கள் கொடுக்கப்படுகின்றன. அந்த இடத்தின் திசுக்களின் ஜீன்கள் அக்கட்டிக்குரிய ஜீன்களுடன் சேரத்தக்கவையாகா இராதிருந்தாலும் (histocompatibility gene) பின் திசுக்களின் நிலையான திடீர் மாற்றங்களினால் சேரக்கூடிய நிலையில் இருக்கலாம். எதிர்ப்பு சக்திகள் (antigen) அந்த கட்டிகளிலிருந்து உண்டாகி அக்கட்டியை ஏற்றுக் கொள்ள முடியாத நிலையிலும் இருக்கக் கூடும்.

சில வகை சுண்டெலி சந்ததிகளில் (strain) திடீரென புற்று நோய் உண்டாவதுமுண்டு. C_3H வகையில் 90%க்கு மார்புப் புற்று நோயும் (mammary carcinoma) AK என்ற அல்பினோ வரிசைகளில் 70 to 90% [இரு பால்களிலும்] லூக்கிமியாவும் (leukemia) உண்டாவதாகக் கண்டுபிடித்துள்ளார்கள். இவ்வகைச் சுண்டெலிகளில் தாய்ப்பால் மூலம் புற்று நோய் வைரஸ்கள் (carcinogenic milk factor) இளங்கன்றுகளுக்கு பரவுவது பற்றி பிட்நர் (Bittner 1936) கூறியுள்ளார். கிராஸ் (Gross) தயாரித்த 1951 லூக்கிமியா திசுக்களின் சாறு ஊசி மூலம் C_3H வகை சுண்டெலிகளுக்கு செலுத்தப்பட்டபோது லூக்கிமியா அதிக அளவில் உற்பத்தியாகியதையும் விவரித்துள்ளார். இங்கு தோன்றிய புது லூக்கிமியாவிற்கு பரம்பரையாக வந்துள்ள வைரஸ் தான் காரணமாகும் (inherited virus).

ஆகவே பரம்பரையில் புற்று நோய் பல வகையில் வேலை செய்கிறது என்று தெரிகிறது. சில புற்று நோய்கள் மெண்டலின் ஜீன் மூலம் உண்டாகிறது. பல்கூட்டு ஜீன்கள், மாற்றமடையும் ஜீன்களைப் பாதிக்கிறது. இன்னும் சில தாய் வழியில் வரும் வைரஸ்கள் மூலம் உண்டாகிறது.

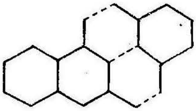
வேதியற் தூண்டிகள் (Chemical Agents)

புற்று நோய்களுக்கு வேதியற் தூண்டிகள் காரணமென்று ஐயப்படுகிறார்கள். பதினெட்டாம் நூற்றாண்டில் புகைக் கூண்டு துப்புரவு செய்யும் தொழிலாளிகளின் விதைகளில் (testicles) புற்று நோய் முதன் முதலாக தோன்றியது. P. பாட் (Sir Parcival Pott) என்பவர்தான் இதை முதன் முதலாகக் கண்டார். பத்து ஆண்டுகள் அவ்வாறு புகைக் கூண்டுகளில் வேலை செய்பவர்களிடத்தில் தான் இந்நோய் தோன்றுகிறது. நிலக்கரி - தார் சுரங்கத்தில் வேலை செய்பவர்களின் பஞ்சு திரிப்போர்களுக்கும் புற்று நோய் உண்டாகிறது என்று நூறு ஆண்டுகளுக்குப் பிறகு கவனத்திற்கு கொண்டு வந்திருக்கிறார்கள். ஜெர்மனியில் தார்

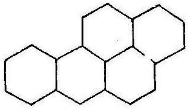
தொழில்களில் ஈடுபட்டுள்ளவர்களுக்கு தோலில் புற்று நோயும், அனிலின் போன்ற சாயத தொழில் செய்பவர்களுக்கு சிறுநீர்ப் பை புற்று நோயும் உண்டாகிறது. நிலக்கரித்தாரை, முயலின் காதுத் தோல்களில் தடவித்தடவி புற்று நோயை தூண்டியுள் ளார்கள். இறுதியாக புற்றுநோய் 3, 4 பென்ஸ்பைரின் (carcinogen 3, 4 benzpyrene) என்ற வேதிப் பொருள் நிலக்கரி தாரி லிருந்து பிரித்து எடுக்கப்பட்டது. தோலைத் தூண்டுவது கண்டு பிடித்ததின் பயனாக, புதியதொரு செயற்கை கூட்டுப் பொருளை யும் (synthetic compound) கண்டுபிடிக்க முடிந்தது. இப்புதிய செயற்கைப் பொருளுக்கு 1,2,5,6 டைபென்ஸ் ஆந்த்ரசீன்(1,2, 5,6 - dibenzanthracene) என்று பெயர். இப்பொருளின் கண்டுபிடிப்பே ஒரு புதிய வேதியல் புற்று நோயியலை (chemical carcinogenesis) உருவாக்கியது.

பல வேதிப் பொருள்கள் (chemical mutagens) பிராணி களில் புற்றுநோயை உண்டாக்குகின்றன. தோல், நுரையீரல், கல்லீரல், சிறுநீர்ப்பை முதலிய இடங்களில் புற்றுநோய் தூண்டப் படுகின்றன. பிரீட்வால்ட் (Frield Wald), கோஷ் ரோ (Cosh Rous) ஆகிய இருவரும் (1944) முயலில் தோல் புற்றுநோயை மேற்கூறிய வேதிப் பொருள்களைக் கொண்டு உண்டு பண்ணியும் மறையச்செய்தும் காட்டினர், பிரன்பிளமும். ஷுபிக்கும் (Berenblum and Shubik-1949) ஹைட்ரோகார்பன் குரோட்டன் எண்ணெய் இரண்டையும் சேர்த்து, தோல் புற்றுநோயை உண் டாக்கினர். புற்றுநோய் உண்டாவது இருபடிகளைக் கொண்ட தென்று அவர்கள் கூறினர். ஒன்று துவக்குதல் (initiating) மற்றொன்று மேலூக்குதல் (promoting) ஆகும். ஊக்குதலில் வயது (age), பால் (sex) போன்றவைகளும் பங்கு கொள்கின்றன. மரபியல் பண்பும் இதில் முக்கியமாகும். எஸ்ட்ரோஜன் (estrogen) என்ற ஹார்மோன், மார்புப்புற்று நோயை மேலூக்கு கிறது. சிலர் எஸ்ட்ரோஜன் தான் ஊக்குவித்தற்கு முதற் காரணமென்றும் கருதுகின்றனர். துவக்குவதற்கும் வேதிப் பொருள்கள்தான் காரணமென்றாலும், அதன் நுட்பச் செயற்பாடு (mechanism) தெளிவு பெறவில்லை. புற்றுநோய் செல் புரதத்தில் கட்டுண்டிருந்தாலும், குறிப்பாக இதுதான் என்று தனித்துக் காட்டமுடியவில்லை. சில புற்றுநோய் காரணிகள் (carcinogens) மியூட்டாஜன்களாக இருக்கின்றன. இவைகள் டிஎன்ஏவுடன் செயலெதிர்செயல்கள் புரிந்து கொண்டிருக்கின்றன. ஹேடோ (Haddow-1957) என்பவர் புற்றுநோய் ஹைட்ரோகார்பன் களும்- டிஎன் ஏயின் அடிப்படை சோடிகளை ஒத்தே இருக்கின்றன

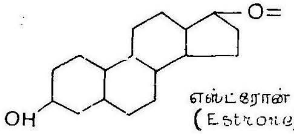
என்று கூறியுள்ளார் (வரை படம்). பால் ஹார்மோன்களான (sex hormones) எஸ்ட்ரோன் (estrone) போன்றவைகளின் அடிப் படையும் அவ்வாறே உள்ளன.



DNA Basepair
(Guanine - Cytosine)



Aromatic Carcinogen
(Benzpyrene)



எஸ்ட்ரோன்
(Estrone)

லெர்மன் (**Lerman 1963**) என்பவர், புரோஃப்பிளேவின் (**proflavin**) என்ற ஒரு மியூட்டாஜன் (**mutagen**) டிஎன்ஏயுடன் நேரடியாகச் சேர்வதை காண்பித்துள்ளார். சில வேதிப் பொருள்கள் (**chemical carcinogens**) நேரடியாக (என்சைம் வேலைகள் மூலம்) டிஎன்ஏயுடன் சேர்ந்து புற்று நோயை உண்டாக்குகின்றன என்றும் தெரியவருகிறது.

கதிரியக்கம் (Radiation)

புகையிலை பயன்படுத்துவோரின் நுரையீரல் புற்றுநோய் கதிரியக்கத்தினுல் அதிகப்படுத்துவதாகவும், தோல், லுக்கிமியா நோயும் அதிகமாவதும் தெரியவந்தது, ராஞ்சன் கதிர்கள் (**Roentgen Rays**) கண்டுபிடித்த பின் அத்தொழிலில் ராஞ்சன் குழலை பயன்படுத்துபவர்களின் தோலில் புற்றுநோய் உண்டாவதும் தெரியவந்தது. அவ்வாறு முதலாவதாக செய்திதந்தவர் ஒருகுழல் தயாரிப்பாளரே. முதன் முதலாக லுக்கிமியாவினுல் பாதிக்கப் பட்டவரும் ஒரு கதிரியக்க வல்லுநரே, அதற்குபின் **X** கதிர்களின் அபாயங்கள் தெளிவாக விளங்கிற்று. உயிரியல் வல்லுநர்களுக்கும் அவைகளின் மதிப்பு நன்கு விளங்கலாயிற்று. **X**-அயனக் கதிரைக் கொண்டு சுண்டெலிகளில் செயற்கை முறையில் பலவித புற்று நோய்களையும் உண்டாக்கினர். அக்கதிர்களின் பாயும் அளவைப் பொருத்து பலவித சந்ததி (**strain**) சுண்டெலிகளைப் பிரித்தெடுக்கப்பட்டன.

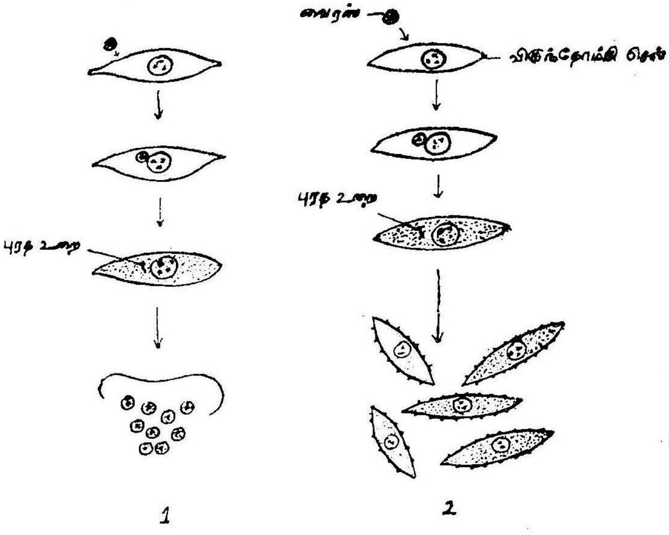
ரேடியோ ஐசோடோப்களிலிருந்து (radioisotopes) அயனக் கதிர்கள் (ionizing radiation) கூட புற்றுநோயை உண்டாக்கு கின்றன. X கதிர்கள் மூலம் லுக்கிமியா உண்டாவதைக் கூறும் போது, ரேடியத்தை கையாளுபவர்களுக்கும், லுக்கிமியா உண்டாகிறது. கெடிகாரத்தின் எண்காட்டிக்கு ரேடியம் தடவுகிற வர்களுக்கு இந்நோய் உண்டாகிறது என்றும் தெளிவாயிற்று. ரேடியம் சிறு கற்றைகளாக உடலினுள் சென்று பின் எலும்பு களில் தேக்கி வைக்கப்படுகிறது. வேதியல் கூற்றில் கால்சியத்தை ஒத்தே ரேடியம் இருக்கிறது. ஆகையால் அவ்வாறு தேங்கிய ரேடியம் எலும்பு புற்று நோயைத் தூண்டுகிறது.

அயனக்கதிர் அற்ற கதிரியக்கம் (nonionizing radiation) அல்ட்ரா வயலட் ஸ்பெக்ட்ரமாக (ultraviolet spectrum) இருந் தாலும் புற்று நோயை உண்டாக்கும் வன்மையுடையது. பிளம் (Blum 1959) என்பவர் அல்ட்ரா வயலட் கதிரியக்கத்தினுல் சுண்டெலியின் தோலில் புற்றுநோய் உண்டாக்கி அதைப் பகுத்து ஆய்ந்தார். நியூக்ளிக் அமில மாலிக்கூல் இக்கதிரினுல் பல மாறுதல்கள் அடைவதை அவர் கண்டார். மாலிக்கூல்களின் குறுக்கிணைப்பும் (cross linkage) பேஸ்களின் பெர்-ஆக்சிடேஷனும் (peroxidation), பேஸ்களின் டி அமினேஷனும் (deamination) இக்கதிரினுல் ஏற்படுகிறது என்று கண்டார். இங்கு டிஅமினேஷன் என்பது சைட்டோசின், நைட்ரஸ் அமிலத்தினுல் யூராசிலாக மாறுவதே. இதில் சைட்டோசின்-கானின் சோடி, அடினின்-தைமின் சோடியாக இரட்டிப்பிற்கு பின் மாறுவதாகும். மேலும் பலர் இதைப்பற்றி ஆய்ந்துள்ளனர் (Ponnamperuma, Lemmon, and Calvin 1962)

வைரஸ்கள் (Viruses)

மனித புற்று நோய்க்கு, வைரஸ்தான் காரணமென்று நிருபணமாகாவிடிலும், பல விலங்குகளில் இந்நோய் வைரஸ்கள் மூலம் தொத்துவதினுல் (உ-ம்) ஆப்ரிக்க லிம்ஃபோமா (lymphoma), வைரஸ்கள் மூலம் பரவுகிறது என்று கொள் கிறுர்கள். மேற்கூறிய எலிகளின் பரம்பரையியல் உதாரணம் இதை உறுதிபடுத்துகிறது. ஒவ்வொன்றிலும், அவ்வெலியின் உடல் பூராவும் வைரஸ் பரவி காணப்பட்டாலும் C3H ஒன்றில் புற்றுநோயையும், A K மற்றொன்றில், லிம்ஃபாய்டு உறுப்பு நோயையும் பரப்புகிறது. சில வகை சந்ததிகள் (strain) இந் நோய் பரப்புவதைத் தடுத்துக் கொள்கிறது. அண்டச்சுரப்பி நீக்கப்படுதல் (ovariectomy) மூலம் இவ்விரு நோய்களையும்

(mammary carcinoma & leukemia) குறைக்க முடியும். ஆனால் விதை நீக்கப்படுதல் (orchiectomy) மூலம் A K ஆண்களில் லுக்கிமியா அதிகமாகிறது. C 3 H ஆண்களுக்கு எஸ்ட்ரோஜன் ஏற்பட்டால் சிலவற்றில் மார்புப் புற்றுநோய் உண்டாகிறது என்றும் கண்டுள்ளனர்.

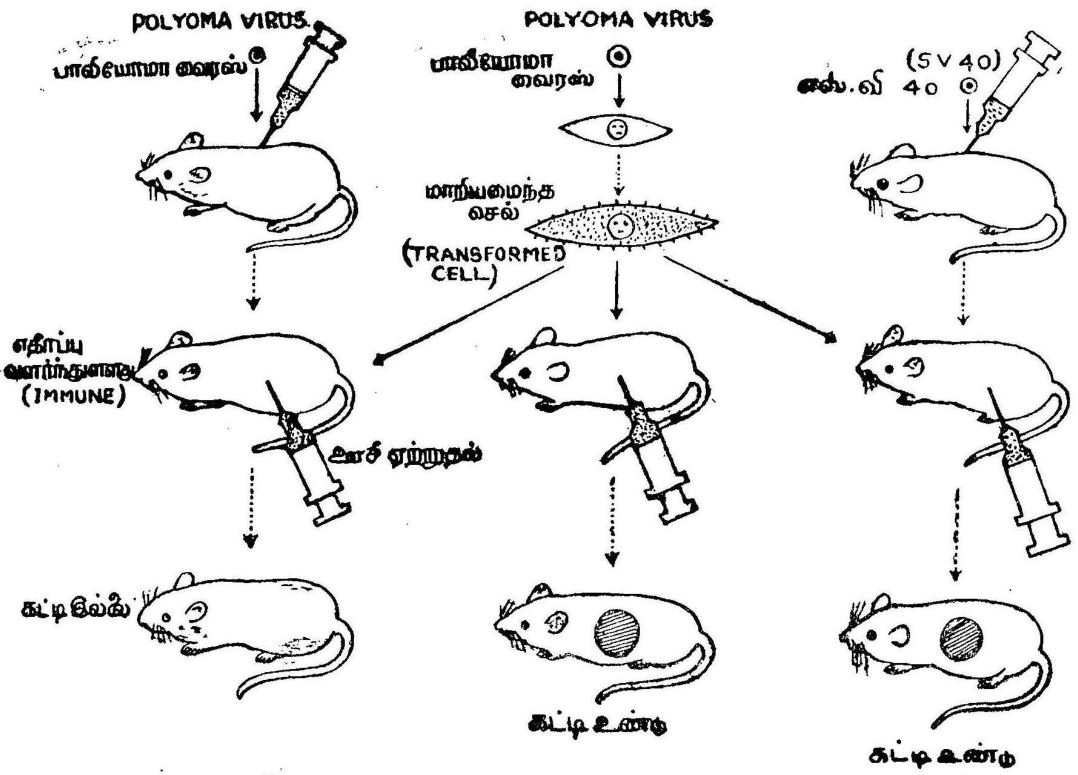


படம் 101.

1. புரத வைரஸ்கள் புரத உறையுடன் தோன்றுகின்றன. G. P. Di Mayorca என்பவர் இதை முதன் முதலில் விளக்கினார்.

2. வைரஸ்கள் செல்களையே மாற்றி அமைத்துவிடுவதுடன் வைரஸ் ஜீன்கள் தன் விருந்தோம்பி செல்களை மாற்றிவிடுவதுடன், செல் சவ்வு ஒரு தனி ஆண்டிஜெனை (virus specific antigen) ஏற்படுத்திக் கொள்கிறது.

அவ்வாறு ஏற்றப்பட்ட C 3 H வகைகளுக்கு தைமஸ் நீக்கப் பெற்றாலும் (thymectomized) லுக்கிமியாவைத் தவிர்க்கலாம். லுக்கிமியா உண்டாகும் சிலவற்றில், கிரானுலோசைட் வகையே அன்றி சாதாரணமாகக் காணும் லிம்ஃபாய்டு வகையல்ல. அதற்கு தைமஸ் திரும்பி பொறுத்தப்பட்டால் லிம்ஃபாய்டு லுக்கிமியா ஏற்படும். இதனால் தைமஸ், அவ்வைரஸ் பரவ ஒரு முக்கிய உறுப்பாக இருக்கிறது என்று தெரிகிறது.


POLYOMA VIRUS
பாலியோமா வைரஸ்
POLYOMA VIRUS
பாலியோமா வைரஸ்
(SV40)
எஸ்.வி 40
மாறியமைந்த செல்
(TRANSFORMED CELL)
எதிர்ப்பு வளர்ந்துள்ளது
(IMMUNE)
ஊசி ஏற்றுதல்
கட்டி இல்லை
கட்டி உண்டு
கட்டி உண்டு

(340ம் பக்கத்தில் உள்ள படத்திற்கு விளக்கம்)

படம் 102.

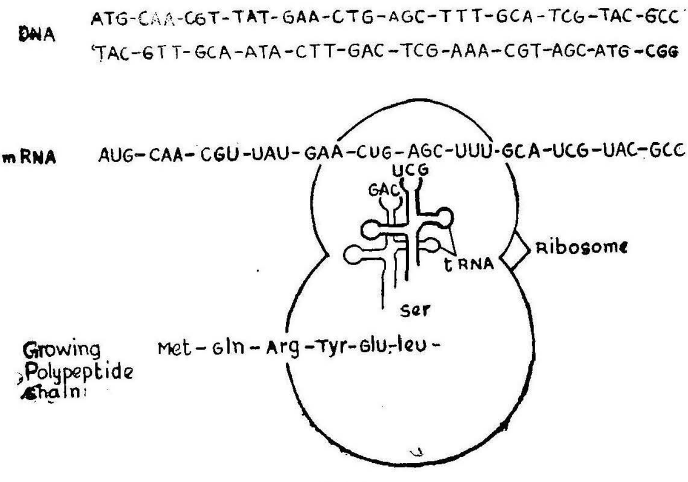
எலிகளின் இம்முனைசேஷன் சோதனை.

மாறி அமைந்த செல்கள் செலுத்தப்பட்டால் கட்டி உண்டாகாது என்பதை விளக்குகிறது (இடம்) பாலியோமா வைரஸ் செலுத்தியபின் மாறியமையும் தொத்து செலுத்தப்பட்டால் கட்டி உண்டாவதில்லை.

(மத்தி) பாலியோமா வைரஸ் முன்னதாகச் செலுத்தப்படாததால் கட்டி உண்டாகிறதைக் குறிக்கின்றது

(வலம்) பிரிதொரு SV 40 என்ற வைரஸ் செலுத்தியபின் இம்முனைசேஷன் நிகழாமல் மாறிய தொத்து செலுத்தப்பட்டால் கட்டி உண்டாகின்றது. பாலியோமா வைரஸ் அல்லது SV 40 மூலம் செல்கள் மாற்றப்பட்டால் புதிய ஆண்டிஜென் அதன் பாப்பில் உண்டாகின்றது;

இதனால் இம்முனைசேஷன் பாதுகாப்பு ஏற்படுகின்றது.



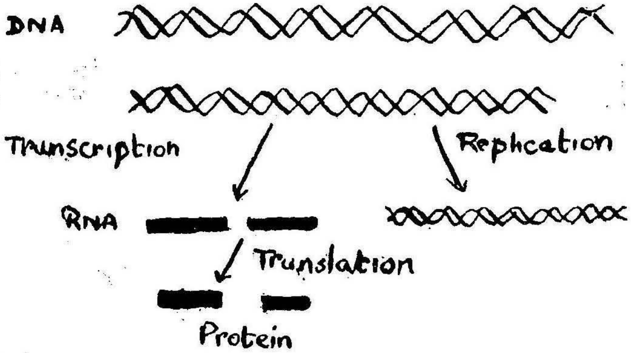
படம் 103.

தற்கால நோக்கின்படி புரதம் தயாரித்தல்.

மரபியல் செய்திகள் இரட்டைப்பட்டை டிஎன்ஏயிலிருந்து ஒற்றைப்பட்டை மெசஞ்சர் ஆர்என்ஏ ஆக மாறுகிறது; இது ரைபோசோமுடன் தொடர்பு கொள்கிறது. அமினோ அமிலங்கள், ஆர்என்ஏ மாலிக்கூல்கள் மூலம் ரைபோசோமிடம் கொடுக்கப்படுகிறது மெசஞ்சர் ஆர்என்ஏ கோடான்கள் அதற்கேற்ற கோடான்களுடன் சேர்கின்றன.

டிரான்ஸ்பர் ஆர்என்ஏயின் இறுதி மாலிக்கூலுக்கு முன் உள்ள மாலிக்கூல் வளரும் பாலிபெப்டைட் சங்கிலியைப் பிடித்துக் கொள்ள டிஆர்என்ஏயில் வந்து சேரும் மாலிக்கூல் புதியதாகவோ வேண்டிய அமினோ அமிலத்திடம் கொடுக்கிறது. (உ-ம்) செரீன்.

முடிவு பெற்ற பாலிபெப்டைட் சங்கிலி தனித்தோ மற்றதுடன் சேர்ந்தோ புரதத்தை உண்டாக்குகிறது. இது எவ்வாறு சேர வேண்டுமென்று முன்னதாகவே, டிஎன்ஏயில் குறிப்பிடப்பட்டுள்ளது.



படம் 104.

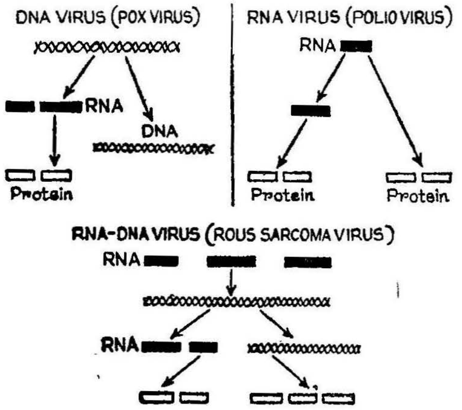
டிஎன்ஏயிலிருந்து புரதம் உண்டாகுதல்.

தைமஸ் நீக்கப்பட்ட லுக்கிமியா அற்ற சுண்டெலியிலிருந்து லுக்கிமியா வைரஸ் பிரித்துஎடுக்க முடியுமாதலால், தைமஸ்தான் இந்த வைரஸுக்கு இருப்பிடம் என்றும் கொள்ளமுடியாது.

சுண்டெலியில் கண்டதுபோல் பறவைகளிலும் இவ்வைரஸ்கள் இருப்பதாகக் கண்டுள்ளனர். கோழிக்குக் காணும் லிம்ஃபோமேடோசிஸ் (lymphomatosis) என்ற நோய் ஓர் வைரஸினால் உண்டாகிறது. இவ்வைரஸ், வாய்ச்சுரப்பிகள் உமிழும், குடிக்கும் நீர்மூலம், ஒரு பறவையிலிருந்து மற்றொன்றிற்குத் தொற்றுகிறது. இன்னும் சிலவற்றில் பெட்டைக்கோழியிலிருந்து முட்டை மூலமும் தொற்றுகிறது (Burmester 1962). தொற்றப்பட்ட கோழிகளில் எதிர்ப்புறுப்புகள் (antibody) உண்டாவதில்லை. வயதான பறவைகளில் இந்நோய் வாதத்தையோ (paralysis) கல்லீரல் குழாய் நோயையோ உண்டாக்குவதுண்டு.

சில சுண்டெலிகளுக்கு லுக்கிமியா நோய்கள் உண்டாவது பற்றி கூறினோம். அவைகளில் ஒன்றான கட்டி வைரஸ் (tumour virus) முக்கியமானதாகும். இதற்கு பாலியோமோ வைரஸ் (polyoma virus) என்று பெயர். இது உடலின் பல சுரப்பிகளிலும் உண்டாவதால் அப்பெயர் இடப்பட்டுள்ளது. உமிழ்நீர் கட்டி புற்று நோய் (parotid gland tumour), ஃபைப்ரோசார்கோமா (fibrosarcoma), மார்புக்கட்டி நோய் (mammary carcinoma), அட்ரினல் மெடுல்லரி கட்டி (adrenal medullary tumour) போன்ற

வைகள் குறிப்பிடத்தக்கவை. பாலியோமா வைரஸ் (polyoma (virus-PY) ஸ்டுவர்ட் - எட்டி வைரஸ் (Steward-Eddy virus SE) போன்ற வைரஸ்களும் முக்கியமானவைகளாகும்.



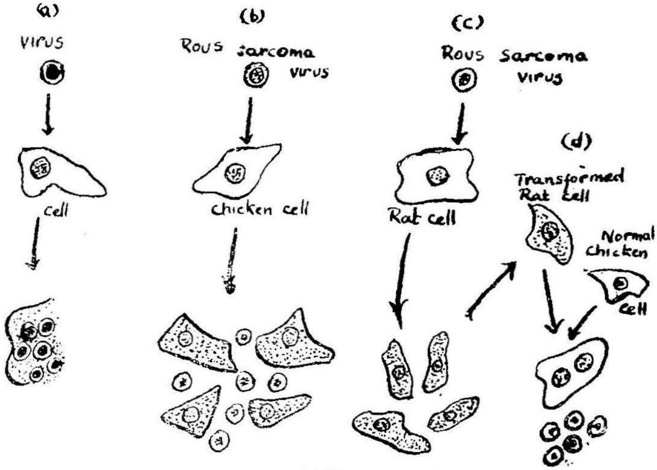
படம் 105.

மூன்று வகை வைரஸ்கள் டிரான்ஸ்கிரிப்ஷன் செய்தல்.

கோழிக்குஞ்சுகளில் காணும் ரோசார்கோமா (rous sarcoma) என்ற தூண்டப்பட்ட நோய்க்கட்டியிலிருந்து வைரஸைப் பிரித்து எடுக்க முடிவதில்லை. பாலியோமோ வைரஸைப் போலவே இதையும் சார்கோமா செல்களில் உண்டாக்கலாம் (படம் 106). ரோசார்கோமா வைரஸ் (rous sarcoma virus RSV) மட்டும் மாற்றத்தை உண்டுபண்ணும். இந்த வைரஸ் தயாரிக்கப்படும் போது ரோ-ஒட்டிய வைரஸ் (rous - associated virus - RAV) என்ற மற்றொரு இரண்டாவது வைரஸும் இதனுள் காணப்படும். இது ஓர் உதவி வைரஸாகும் (helper virus).

சுண்டெலி, முயல், கோழிக்குஞ்சு போன்றவைகளில் வைரஸ்கள் புற்று நோயை உண்டாக்கினாலும் கூட மனிதனில் தோன்றும் நோய் அவ்வகை வைரஸால் தான் தோன்றியதா என்று குழப்பமடையும் நிலையிலேயே நாம் இருக்கிறோம். வைரஸ் தொற்றுதல்

புற்று நோயை உண்டாக்குகிறது என்பதில் ஐயமில்லை. நோயியல் (pathology) பிரிவே இவ்வைரஸ் மூலம் தூண்டப்பட்ட புற்று நோய் பற்றி ஆராய வேண்டும்.



படம் 106.

தொத்தப்பட்ட வைரஸ் செல்கள் சாதாரணமாக மடிந்து விடும் (a) ஏனெனில் அவைகளில் செல்பிரிவு, பல் வைரஸ்கள் இரட்டித்தலில் ஒன்று சேருவதில்லை. ஆனால் ரோசார்க்கோமா வைரஸ் வேறுமுறையில் செல்களுடன் இடைச் செயல்கள் புரிகிறது. ரோ சார்க்கோமாவால் தாக்கப்பட்ட கோழிக்குஞ்சு செல்கள் (b) உயிர் தப்புவதுடன் கேன்சர் செல்களாக மாறிவிடுகின்றன. தொடர்ந்து பிரிந்து புது வைரஸ்களை உண்டாக்குகின்றன. ரோசார்க்கோமா தொத்தப்பட்ட எலியின் செல்கள் (c) கேன்சர் செல்களாக மாறி பிரிகின்றனவே அன்றி புது வைரஸ்களை உண்டாக்குவதில்லை. மாறிய எலியின் செல்களை சாதாரண கோழிக்குஞ்சு செல் களுடன் சேர்ப்பதினால் ரோ சார்க்கோமா வைரஸ்களைத் தூண்டி (d) உற்பத்தி செய்ய முடியும் என்பதைக் காட்டுகிறது.

வைரஸ்கள் மூலம் புற்றுநோய் உண்டாவதற்குரிய சோதனைகள்

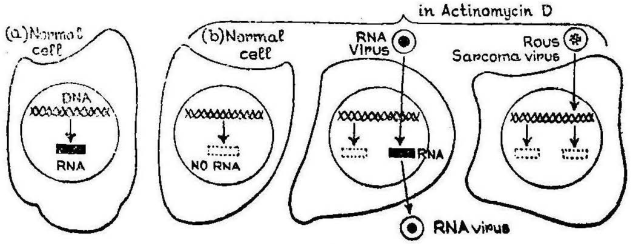
கேன்சர் ஒரு சிறு செல்லிலிருந்து நிரந்தரமான பரம்பரை மாற்றத்தை அடைகிறது. இதனால் பல கோடிக்கணக்கான செல்கள் விருத்தியாகின்றன. இதன் வளர்ச்சிக்கு அவ்வுயிரியில் எதிர்ப்புத் தடுப்பு (immunological defenses) உண்டாகாததும் காரணமாகும். கேன்சர் செல்களில் இரு முக்கிய மாற்றங்கள் நிகழ்கின்றன. ஒன்று: சாதாரணமாக ஒழுங்காகப் பெருக

வேண்டிய (regulated multiplication) செல்கள் அவ்வாறு இன்றி ஒழுங்கற்று தொடர்ந்து பெருகிக் கொண்டே செல்லுதல். சாதாரண செல்களில் புண் அல்லது காயம் ஏற்பட்ட இடத்தில் அப்புண் ஆறுவதற்குத்தான் ஒழுங்கற்ற முறையில் செல்கள் பெருகும். மற்றொன்று: அவைகளுக்கு பக்கத்திலுள்ள செல்களுடன் கொண்டுள்ள தொடர்பாகும். சாதாரண செல்கள் அதற்கு அடுத்துள்ள செல்களுடன் அவ்வுயிரின் அமைப்பிற்கு ஏற்ப நடந்து கொள்ளும் (overall architecture of the body). ஆனால் கேன்சர் செல்கள் அதற்குரிய திசுக்களுடன் மட்டுமில்லாமல் மற்ற திசுக்களுக்கும் படை எடுத்து அவைகளுடன் ஊடுருவும்.

இங்கு ஒழுங்கு, கட்டுப்பாடு என்பவைகள் யாவும் செல்லின் அடிப்படையில் மரபியலின் பொருளான டிஎன்ஏயின் சேர்க்கையைப் பொருத்ததாகும். இவ்வடிப்படைச் சேர்க்கையை அடுத்துள்ள செல்களுக்கேற்ப மாற்றினாலும், அவைகள் வெளிச் சூழலுக்கேற்ப மாறிவிடுகின்றன. இக்கொள்கையை அடிப்படையாகக் கொண்டு செயற்கை முறையில் கேன்சர் செல்களைத் தூண்டி விடலாம். அவ்வாறு திடீரென்று (spontaneous) உண்டாகும் கேன்சர்கள் சோதனைக்கு பயன்படாதாகையால் (ஏனெனில் அவைகளைக் கட்டுப்படுத்த முடியாது) தற்கால மாதிரி முறைப்படி (model systems) அவ்வாறான செல்களைச் சோதனைக் குழாய் (test tube) அல்லது கண்ணாடி வட்டு (petri dishes) யில் நேரடியாக தேவையான ஊட்டத்தில் வளரசெய்வதேயாகும் (growth in vitro) இம்மாதிரி சோதனையைத் திசு வளர்ப்பு (tissue culture) என்று கூறுவார்கள். இம்முறையில் பல வைரஸ் பரம்பரைகளைப் பெறமுடியும் (படம் 106).

உதாரணமாக, பாலியோமோ வைரஸ் (polyoma virus) அல்லது சைமியன் வைரஸ் 40 (SV 40 - simian virus) போன்றவைகள், சாதாரண செல்களை இவ்வளர்ப்பு முறையில் கேன்சர் வைரஸ்களாக மாற்ற முடியும். அதற்கு தக்க ஊட்டச்சத்து (agar) கொடுக்க வேண்டும். இவ்விரு வைரஸ்களையும் சேர்த்து பேப்போவோ வைரஸ் (papova virus) என்று குறிப்பிடுவார்கள். சாதாரண செல்களுடன் இவ்வைரஸ்களைச் சேர்த்து காந்த கலக்கியில் இட்டுச் சுழலச் செய்த பின் (37° C வெப்பநிலையில் ஒன்றோடொன்று ஒட்டிக் கொள்ளாமல்) பார்த்தால் இவ்வைரஸ்கள் அச்சாதாரண செல்களினுள் சென்றிருப்பது தெரியும். அவ்வாறு தொற்றப்பட்ட செல்களை ஊட்டச் சத்துள்ள கண்ணாடி கோப்பைகளில் இரு வாரங்கள் வளரச் செய்தால் சில சாதாரண

செல்களாகவும், மற்றவைகள் வைரஸ்கள் கொண்ட மாறிய குலோன்களாகவும் வளரும் (transformed clone) தக்க சாய மேற்றி, நுண்ணோக்கி மூலம் பார்த்தால், இருவித சந்ததிகள் (strains) தெரியும். மேலும் சாதாரண செல்கள் வளர்ந்திருக் கும். (BHK line in Hamster & 3T3 line in mouse) வளமான செல்களினுள் (healthy cells) வைரஸ் டிஎன்ஏக்கள் செல்வதால் அச்செடினுள் உள்ள டிஎன்ஏயுடன் கலந்து விடுகிறது. பேப்போவா வைரஸில் சுமார் 5000 பேஸ்கள் கொண்ட டிஎன்ஏ இருக்கிறது. இரு டிஎன்ஏ பேஸ் சோடிகள் சேரும்போது அதற்கு தக்க ஒன்றுடன்தான் சேரும் (complementary). இரு சோடிகளையும் பாண்டுகள் (bonds) நெருக்கிப் பிடித்துக் கொள்ளு கின்றன. உயர்ந்த வெப்பத்தில் இரு சோடிகளும் பிரிந்து செல் லும். இதற்கு டிநேட்சுரேஷன் (benaturation) என்று பெயர். அவ்வாறு சூடுபடுத்தப்பட்ட திரவத்தை குளிரவைத்தால், அவ் வாறு பிரிந்த (strands) சோடிகள் சேர்ந்து விடும். இதற்கு அன்னேலிங் (annealing) என்று பெயர். சில சமயங்களில் அவ்வைரஸ்களின் மேலுள்ள புரத உறை (protein coat) நீக்கப் பட்டு டிஎன்ஏ மட்டும் விருந்தோம்பி செல்லினுள் செல்வது முண்டு. வைரஸ் செல்கள் உற்பத்தியாகும் போது, மாறியமை யும் போது நிகழ்வதை படத்தில் கவனிக்க. மாறியமைந்த பின்



படம் 107.

நுண்ணுயிர் எதிரி ஆக்டினோமைசின் டியின் செயல்கள்.

(a) சாதாரண செல்லில் டிஎன்ஏ வார்பிலிருந்து ஆர்என்ஏ தயரித்தல்.
(b) நுண்ணுயிர் எதிரி சேர்க்கப்பட்டு ஆர்என்ஏ தயாரிப்பது தடைப்படுதல்.
(c) ஆர்என்ஏ வைரஸ் தடைப்படுத்தப்படாது இருத்தல்.
(d) ஆக்டினோமைசின் டிஆர்என்ஏ உற்பத்தியைத் தடுத்தல்.

(transformed mutant) அடுத்து வரும் பரம்பரையில் வேறு பாடற்று அவ்வாறே வழி வழியாக வருகின்றன என்பது கவனிக்கத் தக்கதாகும். சிலவற்றில் இந்நிலை தொடர வெப்பம் (tempera- ture) கட்டுப்பாட்டுடன் கொடுக்க நேரிடுவதுண்டு. இச்செல்லி

னுள் உள்ள ஆர்என்ஏ (virus RNA) தூது அல்லது மெசஞ்சர் ஆர்என்ஏ ஆக மாறி, அந்த ஜீன்களின் செய்திகளை (information) டிஎன்ஏயிடம் சேர்ந்து அதற்கேற்ப மாறி அமைகிறது (படம் 107). அவ்வைரஸ் ஆர்என்ஏ மாலிக்யூலைப் பார்க்க வேண்டுமென்றால், மாறிய செல்களின் சாற்றிலிருந்து (extract) வெப்ப-டிநேச்சர் முறையில் (heat- denatured) காணலாம்.

தடுப்பு சக்தி சோதனைகள் (Immunization Experiments)

மாறியமையும் தொற்று சோதனையில் பாலியோமாவைரஸ் போன்ற வைரஸ் முன்னதாக எலிக்கு செலுத்தப்பட்டிருந்தால் அதற்கு மாறியமையும் வைரஸ் செலுத்தப்பட்டன. அந்த எலிகளுக்கு கட்டி உண்டாவதில்லை. ஏனெனில் அவைகள் ஓர் தடுப்பு சக்தியை (immunity) உண்டாக்கி விடுகின்றன. அதனால் மாறியமையும் வைரஸ்கள் ஒன்றும் செய்ய முடியாமல் உள்ளே அழிந்துவிடுகின்றன. அவ்வாறின்றி பாலியோமா வைரஸ் செலுத்தப்படாமல் மாறியமையும் வைரஸ் செலுத்தப்பட்டால் அவ்வெலிகளில் கட்டி உண்டாகிறது. மேலும் SV 40 செலுத்தப்பட்ட எலிக்கு மாறியமையும் வைரஸ் செலுத்தப்பட்டாலும் கட்டி உண்டாகிறது. ஏனெனில் இதற்கும் எதிர்ப்பு சக்தி முன்னதாக உண்டாகவில்லை (படங்கள் 101, 102).

முதல் வரிசை எலி செல்களில் எதிர்ப்பு ஏற்பட்டுள்ளதால் அவைகளுக்கு கட்டி உண்டாவதில்லை. இவ்வெதிர்ப்பிற்கு T. ஆண்டிஜென் (tumour antigen) என்று பெயர், ராபர்ட் ஜே. ஹீப்னர் (Robert J. Huebner) என்பவர் இதைக் கண்டுபிடித்தார். உற்பத்தி செல்களின் நியூக்ளியசிலும், மாறிய செலகளின் நியூக்ளியசிலும், T. ஆண்டிஜென் இருக்கிறது. ஆனால் உற்பத்தி செல்களில் வைரஸ் டிஎன்ஏ இரட்டிப்பதற்கு முன்னமேயே அது உண்டாகிறது. அதனால் அது கட்டுப்பாடு வேலையைச் செய்கிறது. மேலும் இவ்வைரஸ்களுக்குறிய ஜீன்களின் டிஎன்ஏ இரட்டிக்கும்போது குறிப்பிட்ட என்சைம்கள் (e.g., thymidine kinase) பங்கு கொள்கின்றன என்றும் தெரிகிறது.

நோய்த்திசு மரபு வழித்தோற்றம் (Pathogenesis)

புற்று நோயின் காரணங்கள் பலவாயினும், சில பொதுக் குறிப்புகள் இருக்கின்றன. புற்று நோய் கட்டுப் பாடின்றி, சுயேச்சையான முறையில், பல திசுக்களையும் பாதிப்பதுடன், எட்டியுள்ள திசுக்களையும் பாதிக்கின்றது. எந்த திசுக்களிலிருந்து

பிறந்து வளர்ந்ததோ அத்திசுக்களின் உண்மை நிலை மறைந்து போகப் போக அத்திசுக்கள் தெரியாவண்ணம் இருக்கிறது. இச் செயல்கள் யாவும் சுயேச்சையான நிலையைக் காட்டுகிறது. புற்று நோய் செல்களின் தனித்தன்மை யாதெனில் மற்ற சாதாரண செல்களைப் போல தொடர்ந்து காணப்படுவது போலன்றி தொடர்பற்றுக் காணப்படும் நிலையேயாம்.

இத் தொடர்பற்ற நிலையினாலும் உற்பத்தியாகும் காரணங்களினாலும், பல ஆராய்ச்சியாளர்கள், உடற்செல்களின் நிலையான திடீர் மாற்றமே (somatic mutatior) காரணமென்று கூறும்படி நேர்ந்தது. பொதுவாகப் பார்த்தால் இவ்விளக்கக் கொள்கையே சரி என்று தோன்றும். இதற்கு மரபியல் கருவிகளான (genetic apparatus) ஜீன் தூதர்கள் செயல்படும் ரைபோசோம்கள் யாவும் அசாதாரண நிலையில் இருக்க வேண்டும். எம்முக்கிய நிகழ்ச்சி (critical event) இம்மாற்றத்திற்கு காரணம்? இம்முக்கிய நிகழ்ச்சி எப்போதும் ஒரே மாதிரியாக இருக்குமா?

அசாதாரண முறை (abnormality) மரபியல் கருவியான குரோமோசோம்கள் ஒன்றில் மட்டும்தான் காணப்படுகிறது. புற்று நோய் செல்களின் குரோமோசோம்கள், எண் அல்லது அமைப்பு என்ற ஒன்று மட்டுமே அசாதாரணம் என்பது பொதுவாக பாலூட்டிகளிலும் சிறப்பாக மனிதனிலும் அடிக்கடி காணப்படுகிறது. ஆனால் அமைப்பில் அசாதாரணம் பொதுவாகக் காணப்படுவதுண்டு. ஏனெனில் அவைகள் ஒடிவதினால் உண்டாகிறது. தனிப் புற்று நோயில், எப்போதும் மாதிரி எண்ணிக்கை (model numbers) காணப்படும். இம்மாதிரி எண் இரண்டோ அல்லது அதற்கு மேற்கொண்டோ காணப்படுவதுண்டு.

இந்நூற்றுண்டின் ஆரம்பத்தில் பவரி (Boveri) என்பவர், குரோமோசோம்களில் அசாதாரண நிலையே, புற்றுநோய் உற்பத்திக்கு (carcinogenesis) அடிப்படை காரணமாகும் என்று கூறினர். ஆனல் ஆரம்ப காலத்தில் புற்று நோய் செல்களில் சாதாரண நிலையான கெரையோடைப் (karyotype) இருந்திருப்பதாகத் தெரிகிறது. பறவைகளிடத்திலும் இது சாதாரண நிலையிலேயே உள்ளது. ஆகையால் குரோமோசோம் மாற்றங்கள் ஆரம்பநிலையைக் குறிக்கவில்லை என்றும், அதனுடைய இறுதி முடிவேதான் என்றும் பல ஆராய்ச்சியாளர்கள் கூறியுள்ளார்கள்.

ஆனல் இதிலும் சில சங்கடங்கள் உள்ளன. எடுத்துக்காட்டாக லுக்கிமியாவில், மேற்பகுதி இரத்த செல்கள் சாதாரண கெரையோடைப்பாகவும் எலும்பு பொறையில் (bone marrow) செல்கள்

அனுபிளாய்டி நிலையிலும் காணப்படுகின்றன. கெரையோடைப்பில் சிறுமாற்றம் (சிறு நீக்கம் deletion) ஏற்படுவது தெரியாமலேயே போகலாம் இந்நிலை லுக்கிமியாவில் உண்டு. பிலடெல்ஃபியாவில், நோவெலும் ஹங்கர்ஃபோர்டும்(Nowell and Hungerford, 196:) கிரானுலோசைட் லுக்கிமியாவில் காணப்படும் G குரோமோசோம்களான டிப்ளாய்டு கெரையோடைப்பில் ஒன்று மட்டும் சிறியதாகத் தோன்றியது. இது பிலடெல்ஃபியாவிலிருந்து தோன்றியதால் இச்சிறு சோடிக்கு பிலடெல்ஃபியா குரோமோசோம் (Philadelphia (Ph') chromosome) என்று பெயரிட்டுள்ளார்கள்.

மனிதனிடமுள்ள ஆட்டோசோம் என்ற குரோமோசோம்களில் 22வது குரூப் (21—22) மிகச் சிறியதாகத் தோன்றியுள்ளது. அதனுடைய நீளகரத்தில் 50% இழக்க நேரிட்டதால் இது சிறியதாக இருக்கின்றது. திடீரென்று தோன்றிய ஓங்கிய மியூட்டேஷனால் இது ஏற்பட்டிருக்கிறது. முதலில் செல்கள் நெ. 22க்கு மானோசோமிக் ஆட்டோசோம்களாக இருந்து இம் மியூட்டேஷன் ஏற்பட்டிருக்க வேண்டும். விதிப்படி சாதாரணமாக அந்த இனத்திற்குரிய இரட்டைமயம் (species specific diploid) அப்படியே தோன்றியிருக்க வேண்டும். ஆனால் கேன்சர் செல்களில் வெளிப்படையாகவோ, மறைமுகமாகவோ (overty or coverty) அனூபிளாய்டியாக மாறி (aneuploidy) மரபியல்படி சமமற்று தோன்ற ஆரம்பித்ததால் (genetically unbalanced) இம்மாதிரியான பிலடெல்ஃபியா குரோமோசோம் (Ph-குரோமோசோம்) தோன்றியிருக்க வேண்டும என்று கூறுகிறார்கள்.

லுக்கிமியாவிற்கு முன்னிலையே டவுன் சிண்ட்ரோமில் (Down syndrome) காணப்படும், டிரைசோமியாகும் (trisomy). ஆனால் இந்நிலை குழந்தைகளில் அதிகம் காணப்படாவிட்டாலும், அதைக் கொண்டுள்ள முதிர்த்த மனிதர்கள் உயிர் வாழ்கிறார்கள். லெஜூனும் அவர் சக ஆய்வாளர்களும் (Lejeune 1963) 47முதல் 54வரையிலுள்ள கெரையோடைப் எண்ணிக்கை நிலையைக் கொண்டுள்ளார்கள். இதில் காணுவது போலவே, புற்றுநோய்க்குரிய குரோமோசோம்களிலும் சாதாரண மற்ற எண்ணிக்கையும், டவுன் சிண்ட்ரோம் குடும்பங்களைப்பற்றி தெளிவு படுத்துகிறது (மில்லர் 1963).

அசாதாரணமான (abnormality) குரோமோசோம்களின் எண்ணிக்கை நிலைதான் புற்றுநோய்க்குக் காரணமென்றாலும்,

மற்ற காரணிகளின் பங்கையும் எளிதில் ஒதுக்கிவிட முடியாது. சாதாரண திசுக்களில் வயதிற்கேற்ப, அனுப்பிளாய்டி (aneuploidy) அதிகப்பட்டுக்கொண்டு போவது பற்றி, ஜேகப், பிரவுன், டால் (Jacob, Brown and Tall) (1961) போன்றவர்கள் குறிப்பிட்டுள்ளனர். வேதியர் கார்சினோஜென்கள், X–கதிரியக்கம் ஆகிய இரண்டும், குரோமோசோம்களை ஒடியச்செய்வதுடன், இடிந்தவைகளை இழக்கவோ (deletion) மாற்றி அமையவோ செய்கின்றன. சில கட்டி வைரஸ்களும் (tumour viruses) இவ் விதப் பிரட்சிகளைத் தூண்டுகின்றன.

வோகட், டல்பிகோ (Vogt and Dulbeeco) என்ற இரு விஞ்ஞானிகள், தங்களுடைய பாலியோமா வைரஸ் (polyoma virus) ஆராய்ச்சியினுல் (in vitro), சில கருச் செல்களில் (e. g., Hamster) பல குரோமோசோம்கள் ஒடிதல் பற்றி விளக்கியுள்ளனர். இக்கொறி எலி விலங்கான ஹாம்ஸ்டரில் அப்புதிய செல்கள், சாதாரணமாக பெருகுவதைவிட, அதிக அளவில் பெருகி, அவைகள் பெருத்து புற்றுநோய் செல்களாக மாறுகின்றன. இம்மாற்றம் இருபடி நிலைகளால் நிகழ்கின்றன. இம்மாதிரி மாற்றி அமையப்பெற்ற செல்களில் பாலியோமா வைரஸோ அல்லது டிஎன்ஏவோ இல்லை. ஆனுல் இச்செல்களில் புதியதொரு ஆண்டிஜென் காணப்படுகிறது (Habel 1962). வைரஸின் டிஎன்ஏ, அச் செல்லின் டிஎன் ஏவுடன் ஒன்றுகச் சேரவோ, அல்லது அச்செல் மாறியபின் மறையவோ நேரிடுகிறது. குரோமோசோம் மாற்றங்களின் தொடர்ந்த உற்பத்தி முந்தைய காரணத்தைத் தழுவுகிறது (support).

சைமியன் வைரஸ் 40, (SV40) என்பது கூட இக்கொள்கையையே வலியுறுத்துகிறது. குரங்கின் சிறுநீரக வளர்ப்பில் (culture) இவ்வைரஸ் கட்டியை உற்பத்தி செய்யும் ஏஜண்டாக (tumour-inducing agent) இருப்பதைக் கண்டுள்ளார்கள் (Eddy etal 1962). இது ஹாம்ஸ்டரில் (Hamster), மூளைக் கட்டியை உண்டாக்கியதுபோல், மனித செல்களையும் புற்றுநோய் செல்லாக மாற்றியமைக்க வல்லது. மனித செல்களில் குரோமோசோம் பிரட்சிகள் (chromosomal abberations) தூண்டப்பெற்றுல், G வகுப்பு குரோமோசோம்கள் (நெ. 21-22) முக்கியமாகப் பாதிக்கப்படுகின்றன. இதே வகுப்பு குரோமோசோம்கள்தான் முன் குறிப்பிட்ட லுக்கிமியாவிலும், டவுன் சிண்ட்ரோமிலும் பாதிக்கப்பட்டன (Koprowsk etal 1962, Shein and Enders, 1962). மேலும் சேபினும் கோச்சும் (Sabin and Koch 1963) அளித்துள்ள குறிப்பேடுகளின் மூலம், அந்த குரோமோசோம்கள்

சில சமயம் திரும்பவும் தெரிவதனுல், அக் குரோமோசோம்கள் பூரணமாக மறையாமல், ஒன்றி அமைந்திருப்பதை ஊர்சிதப் படுத்துகிறது.

இதற்கு மாருக, டிஜியோவும் ஆஸ்டர் கிரெனும் (Tjio and Ostergren, *1958*) சுண்டெலியில் பால்காரணியினுல் (milk factor) தூண்டப்பட்ட ஆரம்ப புற்றுநோய் செல்களில் சாதாரண கெரையோடைப்களைக் கண்டார்கள் (normal karyotypes). ஆம், சிறிய அளவு மாற்றங்கள் தெரியாமல் போகக் கூடும். அதனுல் எவ்வித மாற்றமுமின்றி அப்படியே தெரிந்திருக்கிறது. இவ்வாறே சாதாரண கெரையோடைப்களை, ரோசார்க்கோமாவிலும் (rous sarcoma) பறவை லிம்ஃபோமேட்டோசிஸ் செல்களிலும் (avian lymphomatosis cells) கண்டறிவது கடினம். ஏனெனில் பறவைகளில் மைக்ரோ குரோமோசோம்கள் அதிக அளவில் காண்பதே. மேலும் வைரஸ் ஏஜண்டுகளிலிருந்து பாலியோமா வைரஸ் (polyoma virus) S V *40* ஆகிய இரண்டும் இந்நிலையில் வெகுவாக வேறுபட்டனவே. முன்னதான வைரஸ் ஏஜண்டுகள் (virus agents) ஆர் என் ஏ சம்பந்தப்பட்ட ஒன்ருகும். (RNA containing myxo-like viruses) பின்னது டிஎன்ஏ சம்பந்தப்பட்டதெ (DNA cont ainiug papova viruses). டிஎன்ஏ சம்பந்தப் பட்ட வைரஸ்கள் தெளிவாகத் தெரியாமலே மறைந்து விடுவதுமுண்டு. மேலும் டிஎன்ஏ கொண்ட டைப்-*12* என்ற மனித அடினே வைரஸ் (DNA containing type-*12* human adenovirus) ஹாம்ஸ்டரில் கட்டிகளை (tumours) உண்டாக்குகின்றன. இருப்பினும் வைரஸ் ஆண்டிஜென் கூறும் காணப் படுவதுண்டு. ஆனுல் குறித்த தொகுப்பு ஆண்டிஜென் இல்லாதது. பூரணமற்ற வைரஸ் இருப்பதைக் குறிக்கிறது. (Huebner etal *1964*) செல்லின் டிஎன்ஏக்கும் செயல் எதிர்ச் செயல் இருக்கலாம். கானின்-சைட்டோசின் (G-C) சோடியைக் கொண்டுள்ள நியூக்ளியோடைடின் ஓர் பகுதி(fraction)குரோமோசோமில் டிஎன் ஏயைவிட அடினே வைரஸ் டிஎன் ஏயில் அதிகமாக இருக்கும். ஆனுல் 12 டைப், 18 டைப்களான இரு கட்டி— உண்டாக்கும் வைரஸ்கள் (tumour producing viral types) சிறப்பானவைகளாகும் (unique) ஏனெனில் G-C பகுதி இடை நிலையில் இருப்பதே (Green and Pince *1963*).

எல்லா புற்று நோய்க்கும் ஒரு மெக்கானிசம் தான் காரணம் என்று தற்கால சான்று ஒத்துக் கொள்ளவில்லை. கார்சினேஜன் செல்கள் யாவும், புதிய ஆர்என்ஏ மாலிக்கூலை உற்பத்தி செய்து செயலாற்றுகிறது. அவ்வாறே ஆர்என்ஏ வைரஸ்களும் செய்ய

லாம். மற்ற ஏஜன்ட்கள், செல்லின் டிஎன்ஏ மாலிக்கூலை மாற்றியோ, நீக்கியோ செயலாற்றலாம். அவ்வாறு நிகழுமானுல் குரோமோசோம்களின் பிரட்சிகள் ஏற்படும். இவ்வாறு குரோமோசோம்கள் மாற்றம் ஏற்படுவதுதான் சோமாட்டிக் மியூட்டேஷன் அல்லது உடற்திசு நிலையான திடீர் மாற்றங்களாகும் (Somatic mutations) இச்சோமாட்டிக் மியூட்டேஷன் என்ற பொதுக் கொள்கை, வைரஸ் கொள்கையை விட ஒரு படி மேன்மையாக உள்ளது.

புற்று நோய், வைரஸ்களால்தான் உண்டாகிறது என்று வைரஸ் கொள்கை குறிப்பிடுகிறது. கார்சினேமா உண்டாக வைரஸ் தொற்றிக் கொள்ளல் என்பது ஓர் (viral infection) அவசிய நிகழ்ச்சியாகும். இப்போது இதனுடைய முக்கியத்துவம் தெளிவாகிறது. கேன்சர் வைரஸை நீக்குவது என்பது கேன்சர் நீக்குவதாகும்.

லேட்டன்ட் கேன்சர் வைரஸ் (Latent Cancer Virus)

மனிதனில் உண்டாகும் புற்று நோய்களில் சில வகை வைரஸ் தொற்றிக் கொள்வதால் துவக்கப்படுகிறது. ஆன்கா ஜெனிக் வைரஸ்கள் — கேன்சர் உண்டாகும் வைரஸ்கள் (oncogenic virus) இவ்வகையைச் சேர்ந்தது. இவ்வகை எடுத்துக் காட்டுகளில் விருந்தோம்பிகள், தங்களிடம் புற்றுநோயைப்பற்றிக் கொள்ளாமல் அல்லது அந்நோய் உண்டாகாமல் அவ்வைரஸ்களை கடத்திச் செல்லலாம். அமெரிக்க ஐக்கிய நாடுகளில் பாலியோமா வைரஸ் சுண்டெலிகளில் தொற்றிக்கொண்டு சென்றுலும் மிக அபூர்வமாகவே அந்த விருந்தோம்பிகளில் கட்டியை உண்டாக்குகிறது. அவ்வாறு கட்டி ஏற்பட்டால் அக்கட்டியிலிருந்து அவ்வைரஸை பிரித்து எடுக்க முடியாது. பொதுவாக மக்களிடத்தில் காணப்படும் டிஎன்ஏ வைரஸான, டைப் 12 அடினே வைரஸ், தெளிவாக தெரிந்து கொள்ள முடியாத நிலையில் புற்று நோய்க்கு, காரணமென்று ஏன் கொள்ளக்கூடாது?

சுண்டெலி லுக்கிமியா வைரஸும் (Gross) லிம்ஃபோமேடோசிஸ் வைரஸும் (lymphamatosis virus – ALV) இவ்வகையைச் சேர்ந்தவைகளே. மேலும் அவை ஒரு சந்ததியிலிருந்து மற்றென்றிற்கு பரம்பரையாக தொற்றிக் கொள்வனவே (hereditary infections). ஒரு பறவையில் ALV வைரஸ் வாழ்நாள் முழுவதும் எவ்வித விளைவுமின்றி இருக்கலாம். ஒருவேளை வாழ்க்கையின் இறுதிக் காலத்தில் லிம்ஃபோமேடோசிசை

உண்டாக்கலாம். மனிதனில் இவ்வாறுன பரம்பரையாக தொற்றிக் கொள்ளும் வைரஸ்கள் இருக்கின்றனவா என்று தெரியவில்லை. ஆனல் லேட்டெண்ட் வைரஸ் தொற்று நிச்சயமாக இருக்கிறது (எ. கா.) ஹெர்பிஸ் சிம்ப்ளக்ஸ் (herpes simplex).

லிம்ஃபோமெட்டோசிஸ் அல்லது போலியோமா, காலம் கடந்தும் அடுத்தடுத்துமில்லாமல் புற்றுநோயை இனப் பெருக்க காலம் முடிவிற்குள் உண்டாக்குகின்றன. இந்த வகைகள் மேலும் மியூட்டேஷன் முறையில் கொடிய வகைகளாக (virulent) மாறுவதுண்டு. பறவை மைலோபிலாஸ்டோசிஸ் வைரஸ் (avian myeloblastosis AMV) எரித்ரோபிளாஸ்டோசிஸ் வைரஸ் (erytheroblastosis virus) ஆகிய இரண்டும் லிம்ஃபோ மேட்டோசிஸ் வைரஸிலிருந்து தோன்றியவைகளே. ரோசார்க் கோமாவும் கூட அவ்வாறே தோன்றியிருக்கக் கூடும். AMV வகை கிரானுலோசைட்டுகளைத் தாக்கி லுக்கிமியாவையும், சிறுநீரக கட்டிகளையும் (kidney tumour) உண்டாக்குகிறது.

ஆனல் இந்த வகையின், விருந்தோம்பிகளையேக் கொன்று விடுகின்றன. குழந்தைகளுக்கு இது தொற்றிக் கொண்டால் 100% அழிவு நேரிடுகிறது (Baluda and Jamieson 1961). லேட்டண்ட் வைரஸ்கள் மற்ற கெடுதிகளையும் விளைவிக்கும். உறுப்புகளின் அழிவை (necrotic lesions) யும் உண்டாக்குகிறது. டுரோசோஃபைலா மூலம் பரவும் சிக்மா வைரஸ் (sigma virus) அப்பூச்சிக்கு யாதொரு கெடுதலும் விளைவிப்பதில்லை. ஆனல் கார்பன் டை ஆக்சைடு சூழ்ந்த நிலையில் அப்பூச்சி இருந்தால் இவ் வைரஸ்கள் தாக்குகின்றன. சில இறக்கவும் நேரிடுகிறது. தொற்றிக் கொள்ளப்படாத பூச்சிகள் தப்புகின்றன. இவ்வைரஸ் கள் ஒரு சந்ததியிலிருந்து மற்றொன்றிற்கு முட்டைகள் மூலம்தான் பரவுகின்றன. எனவே, சைட்டோபிளாசம் மூலம் பரம்பரையில் பரவித் தோன்றுவதற்கு ஓர் எடுத்துக்காட்டாகும்.

லேட்டெண்ட் வைரஸ்கள் யாவும் விருந்தோம்பிகளுக்கு கெடுதல் விளைவிக்கக் கூடியன அல்ல. சில, மற்ற வைரஸ்கள் தாக்காத வண்ணம் தடுப்பரணாக இருக்கிறது. இத்தத்துவத்திற்கு குறிக்கீடு (interference) என்றுபெயர். உதாரணமாக சுண்டெலி கரு செல்களில் போலியோமா வைரஸ் தொற்றப்பட்டிருந்தால் ஸ்டொமெடைடிஸ் வைரஸுக்கு (stomatitis virus) அது ஓர் எதிர்ப்பரணாக அமைகிறது. ரோசார்கோமா வைரஸ் (rous sarcoma virus RSV) கோழிக்குஞ்சின் ஃபைரோபிலாஸ்ட்டில்

தொற்றியிருந்தால் அது ரோ-குறிக்கீட்டுக் காரணியைப் பெற்று விடுகிறது (rous-interfering factor - RIF). ஆகையால் லிம்ஃபோமேட்டோசிஸ் வைரஸ் அதை தாக்க முடிவதில்லை (Rubin 1960). புற்றுநோய்கள் உண்டாக்கும் வைரஸ்கள் அல்லாத சில வைரஸ்களிலும் இக்குறிக்கீடு முறை காணப் படுகிறது.

ஆகவே லேட்டெண்ட் வைரஸ்கள் நல்லதையும் கெடுதலையும் விளைவிக்கும். பொருக்குத்தேர்வு (selection) முறையைக் கையாண்டால், கெடுதல் விளைவிப்பவற்றையும் அவைகள் தாக்கப் பெரும் விருந்தோம்பியும் (sensitive host) நீக்கி சாந்தமான வைரஸையும் (mild virus) எதிர்க்கும் விருந்தோம்பியையும் பிரித் தெடுத்துவிடலாம். மியூட்டண்ட் ஜீனை எவ்வெவ்வாறு தாங்கியி ருந்து (carrier) பிரித்துவிட முடியுமோ அவ்வாறே குறுக்கீடு வைரஸைக்கூட பொறுக்கி எடுத்துவிட முடியும். குரோமோசோம் ஜீன்களைப் போல் பரம்பரையாக வரும் லேட்டெண்ட் வைரஸ்கள் மரபியல் பொருளாகிவிடுகின்றன. தொற்றிக்கொள்ளும் நிலையை செயல் விளக்கமுறைமில் (demonstrations) தெளிவு படுத்த முடியாமற்போனால், அச்செல்லில் காணப்படும் ஒரு சாதாரண அங்க உறுப்புகளாகத் (organelles) தவறுதலாகக் கொள்ளக்கூடும்.

நாளமில்லா உறுப்புகளும் (endocrine glands) புற்றுநோய் உற்பத்தியில் பங்கு கொள்கின்றன. அவைகளிலிருந்து சுரக்கும் ஹார்மோன்கள் முக்கியமாக பால்சுரப்பி (breast), கருப்பை (uterus), அண்ட சுரப்பி (ovary), புராஸ்டேட் (prostate) போன்ற உறுப்புகளில் உண்டாகும் புற்றுநோய்க்குக் காரணமாகின்றன. இவைகளைத் தூண்டும் (trophic) ஹார்மோன்கள் தொடர்ந்து உண்டாகிக் கொண்டே இருந்தாலும் (prolonged stimulation) புற்று நோய் உண்டாகலாம். எஸ்ட்ரோனின் அடிப்படையும் மற்ற வேதியற் காரணியும் ஒத்தே இருக்கின்றன என்று முன்பே கண்டோம். முதலில் வெற்றுக்கழலைக் கட்டி (benign tumour) தோன்றினாலும் புற்றுநோய்க் கட்டியாக (cancer tumor) மாறிவிடுவதுமுண்டு. பால்ஹார்மோன்களின் (sex hormones) அளவு சமநிலை அற்று (imbalance) இருந்தாலும் புற்று நோய்க் குக் காரணமாகும். உதாரணமாக தையோ யூராசில் (thiouracil) எலிகளுக்கு ஊட்டினால், தைராய்டு ஹார்மோனின் அளவு குறை யும். அதனால் பிட்யூட்டரி தூண்டும் ஹார்மோன் (pituitary trophic hormone) அதிகமாக சுரக்கிறது. அவ்வமயம் தைராய்டு

வெற்றுக்கட்டு உண்டாகிறது. இதுவே போகப் போக புற்று நோய் கட்டியாக மாறிவிடுகிறது.

பால் ஹார்மோன்கள், ஹைட்ரோகார்பன் அமைப்பில் ஒத்திருப்பதாலும் (உ-ம்) பென்ஸ்பெரின் (benzpyrene), இதுவும் பால் ஹார்மோனும் (உ-ம்) எஸ்ட்ரோஜன் (estrogen) ஒத்திருப்பதாலும், ஒன்றிற்குபதில் ஒன்று புற்றுநோய் உண்டாக்கும் தன்மையுடையன. கல்லீரல் எஸ்ட்ரோஜனின் தன்மையை பயனற்றதாக செய்ய முடியும். ஆலலால் கல்லீரல் சுரப்பு குறைந்தால் பல உள்மாற்றங்கள் (e.g., gynecomastice) புற்று நோயை உண்டாக்கும். இத்துடன் மற்ற ஏஜென்ட்களான துணை கார்சினோஜன்களும் (eo-carcinogens) உதவுகின்றன. பரம்பரையில் இந்நோய்க்கு வாய்ப்பிருந்தால் உடனே தாக்கி புற்றுநோயை உண்டாக்கும். அண்ட சுரப்பி இளமையில் (எலி) நீக்கப்பட்டு அந்த சந்ததியில் பரம்பரைக்குரிய ஜீன் இருந்தால், அவ்வெலிக்கு இந்நோய் வராமல் தடுக்கலாம், அத்துடன் மார்புப்புற்று நோயும் வராது. ஏனெனில் இச்சுரப்பு எஸ்ட்ரோஜன் மூலம் ஆளப்படுகிறது. பிட்யூட்டரி சுரப்பி நீக்கப் பெற்றல் எஸ்ட்ரோஜன் போன்ற பால் ஹார்மோன்கள் சுரப்பு குறையும். அதனுல் ஹார்மோன் தயவில் உண்டாகும் புற்று நோய் குறையும் (**hormone dependent tumour**).

உயிரியல் கிளர்ச்சி (Biological Revolution)

பாலியோ வைரஸ் SV 40 வைரஸ் ஆரம்பத்தில் கெடுதல் விளைவிக்காது இருந்தன. பிறகு தான் கெடுதி விளைவிக்கும் புற்று நோய் வைரஸ்களாக மாறின. இவ்வைரஸ்களின் வாக்சினேஷன் (vaccination) காரியங்களுக்காக 1955 முதல் பயன்படுத்தியுள்ளனர். இது போன்றசில வைரஸ்கள், என்சைம்களைத் தூண்டிவிடுவதாகவும் கண்டுள்ளனர். மனிதனில் ஏற்படும் பல நோய்கள் மரபியல் தோற்றத்தை அடிப்படையாகக் கொண்ட வளர்சிதை மாற்றத்தில் நோய்கள் உண்டாவது, என்சைம்களின் கோளாறுகளே. அதனுல் குறிப்பிட்ட வைரஸைக் கொண்டு தேவையான என்சைம் உண்டாகத் தூண்டினுல் அந்நோய் குறையும். புற்றுநோய் வளர்ச்சியைத் தடுக்க பல கதிரியகங்களையும், மற்ற மருந்துகளைப் பயன்படுத்துவடன் தக்க என்சைம் உண்டாக்க வேண்டிய வைரஸைக் கண்டு பிடிக்க வேண்டும். ஏனெனில் புற்று நோய் என்பது டிஎன்ஏயின் நோயாகும் (cancer is a disease of DNA).

செயற்கை முறையில் டிஎன்ஏயை உண்டாக்கி தக்க வைரஸைக் கொண்டு வாக்சின் தயார் செய்யலாம். உதாரணமாக வளர்சிதை மாற்றத்தின் நோயான ஃபினைல் கீட்டோநியூரியா (phenylketonuria) போன்றவற்றைத் தடுக்கக்தக்க வைரஸ்கள் கண்டுபிடிக்க முடியும். அதன் ஆர்என்ஏயின் ஜெனிட்டிக்கோட் தெளிவாகக் கண்டபின் வைரஸ் ஆர்என்ஏயுடன் சேருவதற்கு ஆராய வேண்டும். மேலும் புற்று நோய்த் தடுப்பிற்கு அவ்வைரஸின் வாக்சினும் தயார் செய்து பயன்படுத்துவதாகவும் செய்திகள் கிடைத்துள்ளன.

ஆகவே வைரஸ்களின் ஆய்வினால் மரபுப் பொறியியல் (genetic engineering) கூடிய சீக்கிரத்தில் ஓர் உண்மை என்பதாக விளக்குமென்பதிற்கு ஐயமில்லை. ஸ்டான்ஃபோர்டு பல்கலைக் கழக மரபியல் பேராசிரியரும், 1958ல் மருத்துவத்தில் நோபிள் பரிசு வாங்கிய வருமான டாக்டர் லீடர்பெர்க்கும் (Dr. Lederberg) இவ்வாராய்ச்சியில் ஈடுபட்டுள்ளார் என்பது மிகவும் மகிழ்ச்சிக்குரியதாகும்.

சென்ற பத்து ஆண்டுகள் நடந்த ஆய்வினால் புற்றுநோய் மரபியல் பற்றிய மேலும் சில செய்திகள் கிடைத்துள்ளன. முக்கியமாக டாக்டர் ஹோவார்டு டெமின் (Dr. Howard Temin) என்பவர் சென்ற 1963 முதல் ஆய்ந்ததின் விளைவாக 1970-ல் ஒரு கருத்து வெளியிட்டார். அச்சமயம் அக்கருத்து வரவேற்க்கப் படாவிட்டாலும், தற்போது அதில் உண்மை இருப்பதாகச் சிலர் கருதுகின்றனர். அவர் கூறிய கருத்திற்கு டெமினிசம் (Teminism) என்று பெயர்.

ஆர்என்ஏ கட்டி வைரஸில் (RNA tumour virus) ஆர்என்ஏ இரட்டிக்கும்போது (replication) டிஎன்ஏவை இடைநிலையாக வைத்து அச்செயல் நிகழ்வதாகக் கூறியுள்ளார். ஆர்என்ஏ வைரஸ்கள் டிஎன்ஏவை கூட்டுச்சேர்க்கை (synthesize) மூலம் தயாரித்துக் கொள்வதாகவும், அச்சேர்க்கை டிஎன்ஏ கட்டியை உண்டாக்கும் மரபியல் செய்தியை கடத்திச் செல்வதாகவும் கூறினர் (tumour causing gentic information). புது டிஎன்ஏ, நலமுடன் உள்ள விருந்தோம்பி செல்களின் டிஎன்ஏவுடன் ஒன்றித்து விடுகிறது. அவைகள் பிரிந்து பெருகும்போது ஒரு தலைமுறையிலிருந்து மற்றொன்றிற்கு அம்மரபியல் செய்திகளைக் கொண்டு செல்கின்றன.

1970ல் தக்க சான்றுகள் இல்லாததினால் இக்கொள்கை ஏற்றுக்கொள்ளப்படாவிட்டாலும், அவரே மேலும் ஆய்ந்து சில சிறப்பான என்சைம்களின் உதவியைக் கொண்டு நிரூபிக்க ஆரம்பித்தார். அவ்வென்சைம்களுக்கு, ''ஆர்என்ஏ சொற்படி இயங்கும் டிஎன்ஏ பாலிமரேஸ் அல்லது முன்னிலை மீளும் ட்ரான்ஸ்கிரிப்டேஸ்'' (RNA – instructed DNA polymerase or reverse transcriptase) என்று பெயர். இவைகள் ஆர்என்ஏ கட்டி வைரஸ்களில் ஆர்என்ஏயிலிருந்து டிஎன்ஏக்கு மரபியற் செய்திகளை (பொருள்களை) மாற்றக்கூடியன. சுமார் 30 ஆர்என்ஏ கட்டி வைரஸ்களில் இவ்வென்சைம் இருப்பதாகக் கண்டுபிடித்துள்ளனர். இது மனித இரத்தத்தின் லுக்கிமியாவில் இருப்பதாகவும் ஐயப்படுகிறது. ஆனால் இன்னும் நிரூபிக்கப்படவில்லை.

வைரஸுக்கும் கேன்சருக்கும் உள்ள தொடர்பும் என்னவென்றோ அல்லது அது எவ்வாறு மரபியற் செய்திகளை விருந்தோம்பி செல்களில் ஒன்றிருக்கிறது (integrated) என்று இன்னும் தெளிவுப்படுத்தப்படவில்லை. உடற்செல்களின் இடையே ஏற்படும் அங்கொன்றும் இங்கொன்றுக (random) சில செயலெதிர்ச் செயல்களினால் கட்டி வைரஸ்கள் உண்டாகின்றன என்று டெமின் எண்ணுகிறார்.

கொலம்பியா பல்கலைக் கழகத்தைச் சேர்ந்த (USA) ஸ்பீஜல்மனும் (Spiegelman) அவர் உடன் உழைப்பார்களும் மேலும் ஆராய்ந்தனர். குரோமேட்டோகிராபியைக் (chromatography) கொண்டும் ஜெல் ஊடுருவல் முறைகளைக் (infiltration methods) கொண்டும் பறவைகளில் மைலோபிளாஸ்டோசிஸ் வைரஸைக் (myeloblastosis virus) கண்டுபிடித்தனர். சுத்தம் செய்யப்பட்ட இவ்வென்சைமைக் கொண்டு பல பயனுள்ள சோதனைகள் செய்தனர். பால்டிமோர் (Baltimore) போன்றவர்கள், இவ்வென்சைமும் கோன்பெர்க் (Konberg) கண்ட டிஎன்ஏ பாலிமரேஸை (DNA polymerase) ஒத்திருக்கிறது என்று கண்டனர். இறுதியாக ஸ்பீஜல்மன் கூறியதாவது: ''ஆர்என்ஏ மூலம் டிஎன்ஏ பிரதிகள் சேர்க்கும் முன்னிலை மீளும் (ரிவர்ஸ்) ட்ரான்ஸ்கிரிப்டேஸ் முறை, கொரானாவும் அவர் சகாக்களும் செய்த, துல்லிய வேதிய முறையை நீக்கி நிரப்ப முடியாது. ஆனால் உள் விபரத்தின் கோர்வை தேவைப்படாத ஹிஸ்டோனில் அது ஒரு வசதி படைத்த இணைவாக இருக்கக்கூடும்.''

["The reverse transcriptase method for the synthesis of DNA copies of RNA cannot replace the elegant chemical approach of Khorana and his colleagues. But it could provide a convenient and rapid supplement in histones in which detailed knowledge of sequence is not pertinent."]

சுமார் 30 வகை ஆர்என்ஏ கட்டி வைரஸ்கள், நோய் உண்டாக்குகின்றன. லுக்கிமியா, பார்ச்சுரப்பி, கார்சினோமா கோழிகளில் சார்கோமோ எலி போன்றவைகளில் காணும் சில நோய்களில் முன்னிலை மீளும் ட்ரான்ஸ்கிரிப்டேஸ் என்சைம்கள் காணப்படுகின்றன. போலியோ (polio), இன்ஃபுளியன்ஸா (influenza) போன்ற கட்டி வகை வைரஸ்களற்ற (non tumour virus) வைரஸ்களிலும் இவ்வென்சைம் காணப்படுகிறது. (விலக்கு: ஆடுகளில் காணும் விஸ்ஞ வைரஸ் (visna virus), நிமோனியா வைரஸ் (pneumonia virus) என்ற நரம்பு நுரையிரலைத் தாக்கும் வகைகளில் இவ்வென்சைம் இல்லை). நியூயார்க் ஆய்வு நிறுவனத்தின் (Public Research, Institute, New York) ஹனுஃபூசாவின் சகாக்கள் கோழியின் ரோசார்கோமா வைரஸைப் (Rous Sarcoma Virus RSV) பிரித்து எடுத்தனர். இந்த வைரஸ் தொற்றக்கூடியதல்ல. இதில் மேற்கூறி என்சைம்களின் செயல்கள் காணப்படவில்லை. இதையும் பறவையின் லுக்கிமியா வைரஸையும் (Avian Leukemia Virus = ALV) கலந்து பார்த்ததில், முடிவில் கட்டி செல்கள் உண்டாயினவே அன்றி அவைகளிலிருந்து தொற்றிக் கொள்ளும் சந்ததிகள் (infectious progeny) கிடைக்கவில்லை. ALV வகையில் முன்னிலை மீளும் ட்ரான்ஸ் கிரிப்டேஸ் என்சைமும், ஃபைப்ரோபிளாஸ்ட் செல்களில் இரட்டிக்கும் தன்மையுடையன. சார்கோமா வைரஸ் ஜீனோம் (genome) அதற்கு வேண்டிய என்சைமும் குறிப்பிட்ட (specify) முடியாமையேக் காரணமாகும். பெர்க்லியைச் (Berkely) சேர்ந்த மார்டீன் (Martin) சகாக்கள், வெப்ப புறத்துண்டுதலுக்குரிய விளைவுகளை உடனுக்குடன் காட்டுிற (சென்சிடிவ்) மியூட்டண்ட்களை (sensitive mutant) ஆராய்ந்ததில் வைரஸ் ஆர்என்ஏ ஜீனோம் மாறுதலுக்குத் தேவை என்று கண்டனர். மேலும் வெளி வளர்ப்பு (in vitro) சோதனைகளின்படி இவ்வென்சைமின் மதிப்பீடு (enzyme assay) மிக முக்கிய பயனளிக்கும்.

கேன்சர் செல்களின் துவக்கத்திற்கும், பராமரிப்புக்கும் முன்னிலை மீளும் ட்ரான்ஸ்கிரிப்டேஸ் என்சைம் காரணமென்றால், அதன் வேலைகளை மருந்துகள் (drugs) கட்டுப்படுத்த முடியுமா?

செல்களைப் பாதிக்காமல் இச்செயலைத் தடுக்கும் முறைக்குரிய ஆய்வு தற்சமயம் தேவைப்படுகிறது. கதிரியக்கங்களைக் கொண்டு இப்பெருக்கத்தை தடுக்க முடியுமென்று யாவருக்கும் தெரிந்ததே. புரோக்மேனும் (Brockman) அவருடைய சகாக்களும் செய்த ஆய்வில் ஸ்ட்ரெப்டோவேரசின்ஸ் (streptovaracins) இந்த என்சைமின் வேலைகளைத் தடுக்கும் என்றும் எலியின் சார்கோமோ வைரஸ் ஃபைப்ரோபிளாஸ்ட் செல்களின் மாற்றத்தை தடுக்கிறது என்றும் எலிகளின் முரைன் லுக்கோமா வைரஸ் (murine LV). இதன் துவக்கத்தை தாமதப்படுத்துகிறது என்றும் கூறுகிறார்கள். ரைப்ஃபாம்பிசின் (rifampicin derivatives) அடிப்படையில் பிறந்த மருந்துகள் சில, ஆய்வுக்கூடங்களில் பயன்படுத்தி முன்னேற்றம் கண்டுள்ளனர்.

ஆர் என்ஏ கட்டி வைரஸ்களில் மேலும் இரு என்சைம்கள் இருக்கின்றன. 1. டிஎன்ஏ-ஆர்என்ஏ ஹைபிரிட்களை வார்ப்புகளாகப் (template) பயன்படுத்துவன ஒற்றை முறுக்கிழை (single stranded). 2. டிஎன்ஏ-ஆர்என்ஏ இருமடியை டூப்லெக்ஸ் (duplex) வார்ப்பாகப் பயன்படுத்துவன (இரட்டை முறுக்கிழை) (double stranded).

$$\text{(1) வைரஸ் டிஎன்ஏ} \xrightarrow[\text{4d NTP}]{\text{RIP}} \text{டிஎன்ஏ: ஆர்என்ஏ ஹைபிரிட்}$$

$$\text{(2) டிஎன்ஏ: ஆர் என்ஏ ஹைபிரிட்} \xrightarrow[\text{4d NTP}]{\text{HIP}} \text{டிஎன்ஏ:டிஎன்ஏ-டூப்லெக்ஸ்-}$$

$$\text{(3) டிஎன்ஏ: டிஎன்ஏ டூப்லெக்ஸ்} \xrightarrow[\text{4d NTP}]{\text{DIP}} \text{டிஎன்ஏ பிரதிகள் (copies) ஒருமைப்பாட்டிற்கு (integration) டிஎன்ஏ டூப்லெக்ஸ}$$

குறிப்பு

4d NTP = டிஎன் ஏயின் நான்கு டிஆக்ஸிரைபோ நியூக்ளியோசைட் ட்ரைபாஸ்ஃபேஸ் (four deoxyribonucleosidetriphosphate).

RIP = ஆர்என்ஏ இன்ஸ்ட்ரக்டட் பாலிமரேஸ் (RNA instructed polymerase).

HIP = ஹைபிரிட் இன்ஸ்ட்ரக்டட் பாலிமரேஸ் (hybrid instructed polymerase).

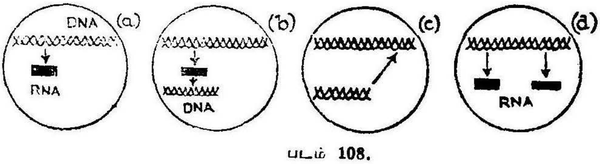
DIP = டிஎன் ஏ இன்ஸ்ட்ரக்டட் பாலிமரேஸ் (DNA-instructed polymerase).

மேலே குறிப்பிட்ட மூன்று என்சைம்களுடன் மற்றொரு என்சைமையும் டெமின் குறிப்பிட்டுள்ளார். அந்த என்சைம்தான் டிஎன்ஏ லிகேஸ் (DNA ligase) ஆகும். இது RSVல் டிஎன்ஏ விடுபட்டத் துண்டுகளை (DNA pieces) ஒட்டுப் போட்டுச் (patches) சேர்த்து வைக்கிறது.

ஸ்பீஜல்மன், டெமின் ஆகிய இருவர்களின் சகாக்கள் செயற்கை முறையில் (synthetic) டிஎன்ஏ-ஆர்என்ஏ ஹைபிரிட்களையும் டிஎன்ஏ சேர்க்கைக்கு வைரஸ் ஆர்என்ஏ வார்ப்புகளாக, சில செயற்கை முறை ஆர்என்ஏ டூப்லெக்ஸுகளையும் தயாரித்துள்ளனர். அவ்வாறான செயற்கை வார்ப்புகள், சிறிதளவுள்ள. முன்னிலை மீளும் டிரான்ஸ்கிரிப்டேஸ் என்சைம்களைக் கண்டு பிடிக்கப்பயன்படுகிறது. மனிதப் புற்றுநோய் வைரஸ் இருந்தால், இம்முறையினால் அது வளராமல் தடுக்க ஒரு வழி கிடைத்திருக்கிறது. நியூயார்க் ஜார்ஜ் டொடாரோ (George Todaro) கூட்டாளிகளும் இதே வழியில் ஆய்ந்து கொண்டிருக்கின்றார்கள். ஆகையால் செயற்கை முறையில் தயாரித்த dT: rA போன்ற ஹைபிரிட்கள் இந்த என்சைமைக் கண்டுபிடிக்க மிகவும் பயன்படும்.

புற்றுநோய்க்குரிய காரணம் யாது?

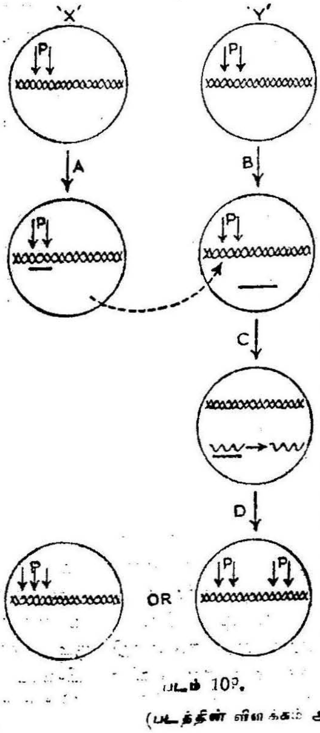
இதை விளக்க தற்போது இரு கோட்பாடுகள் (two theories) உள்ளன. ஆனால் இக் கேள்விக்கு முன்பே விடையளிக்கப்பட்டுள்ளது. முன் கூறப்பட்டுள்ள வைரஸ் கோட்பாட்டின் (viroid theory) மேற்கொண்ட விளக்கமே இதுவாகும்.
(1) ஆன்கோஜெனிக் கோட்பாடு (oncogenic theory)
(2) புரோட்டோ வைரஸ் கோட்பாடு (proto virus theory)



படம் 108.
புரோட்டோ வைரஸ் கொள்கை.

முதன் முதலில் ராபர்ட் ஹீப்னர் (Robert Huebner, National Institute of Health New York) என்பவர்தான் ஆன்கோஜெனிக் என்ற சொல்லைப் பயன்படுத்தினார். அவரும் அவருடன் உழைத்த ஜார்ஜ் டொடாரோவும் (George Todaro) இக்கோட்பாட்டை ஹூபனர் கோட்பாடு என்றனர். சாதாரண செல்களை கட்டி செல்களாக (tumour cell-oncogenic) மாற்றுவதற்கு, வைரோ

ஜீன் (virogene) தான் காரணமென்றும், அவைகளே பெற்றோர் களிடமிருந்து சந்ததிகளுக்கு செலுத்தப்படுகின்றன என்றும் கூறினர். ஆனால் சோதனைக் கூடத்திற்கு ஏற்ற கோட்பாடாக இல்லை. ஹுனஃபூசா (Hunafusa), வாகட் (Vogt), வீஸ் (Weiss) ஆகிய மூவரும் வளமுள்ள கோழிக்குஞ்சிலிருந்து லுக்கிமியா டைப் வைரஸ் (ltv-Leukemia Type Virus) ஒன்றைப் பிரித்தெடுத்தனர். சாதாரண பறவைகளில் குறிப்பிடத்தக்க லுக்கிமியா வைரஸ்கள் மரபியல் ஆற்றல் பெற்றுள்ளன. செல்வளர்ப்பில் (culture) இப்புதிய ltv, அந்த வைரஸைத் தூண்டிவிட முடியும்.



படம் 102.

(படத்தின் விளக்கம் அடுத்த பக்கம் பார்க்க.)

புரோட்டோ வைரஸ் கோட்பாட்டை டெமின் (Temin) வெளியிட்டார். இது ஹுப்னர் கோட்பாட்டைப் போன்றதல்ல, ஆன்கோஜெனிக் கோட்பாட்டின்படி, புதிய வைரஸ் (உ-ம்) லுக்கிமியா வைரஸ் அமுக்கி வைக்கப்பட்ட புரோவைரஸின் (provirus- oncogenes) மரபியலற்ற (non-genitic) மாற்றத்திலிருந்து தோன்றியது. ஆனால் புரோட்டோ வைரஸ் கோட்பாட்டின்படி ஒவ்வொரு செல் லுக்கிமியா போன்ற வைரஸ்கள் இருக்க வேண்டுமென்றில்லை. மரபியல் மாற்றங்களினால் அவைகள் புரோட்டோ வைரஸிலிருந்து உண்டாகின்றன. புரோட்டோ வைரஸ் என்பது ஒரு மரபியல் மாற்றங்களினால் அவைகள் புரோட்டோ வைரஸிலிருந்து உண்டாகின்றன. புரோட்டோ வைரஸ் என்பது ஒரு மரபியல்

P = புரோட்டோ வைரஸ்
XX = டிஎன்ஏ
—— = புரோட்டோ வைரஸிலிருந்து தோன்றிய ஆர்என்ஏ.
'X' 'Y' = வெவ்வேறு செல்கள்.
A = P யின் டிரான்ஸ்கிரிப்ஷன்.
B = 'X' லிருந்து ஆர்என்ஏ டிரான்ஸ்பர்
C = முன் ரிவர்ஸ் டிரான்ஸ்கிரிப்ஷன்
D = 'Y'ல் இன்டக்ரேஷன்.

புரோட்டோ வைரஸில் நிகழும்படி விளக்கம்.
சில சமயங்களில் 'O' செல்களில் 'X'ம் 'Y'ம் ஒத்தே இருக்கும்.

(1) 'X' செல்லின் புரோட்டோ வைரஸ் பகுதியில் ஆர்என்ஏ டிரான்ஸ் கிரிப்ஷன். இதைத் தொடர்ந்து ஆர்என்ஏ 'Y' செல்லுக்கு மாறுதல்.

(2) ஆர்என்ஏயிலிருந்து தோன்றிய புரோட்டோ வைரஸின் முன்னிலை மீளும் (ரிவர்ஸ்) டிரான்ஸ்கிரிப்ஷன்.

(3) புதிய டிஎன்ஏ சேர்க்கை ஒருமைப்பாட்டிற்குப் பின் 'Y' செல் புது டிஎன்ஏ, pக்கு அடுத்துள்ள பகுதியிலாவது அல்லது பதிலாவது வேறு பகுதியிலாவது ஒன்று சேரும்.

அமைப்பு முறை (genetic system) ஆகும். அது டிஎன்ஏயி லிருந்து ஆர்என்ஏக்கும், ஆர்என்ஏயிலிருந்து டிஎன்ஏக்கும், செய்திகள் அனுப்ப வல்லது. உயிரியின் ஒரு செல்லிலிருந்து மற்றொன்றுக்கு தனி ஆர்என்ஏவாகவோ, ஆர்என்ஏ புரத உட் பொருளாகவோ (RNA-protein complex) அவைகள் போகும் தன்மையுடையன. இச்செயலை படம் 109 விளக்குகிறது.

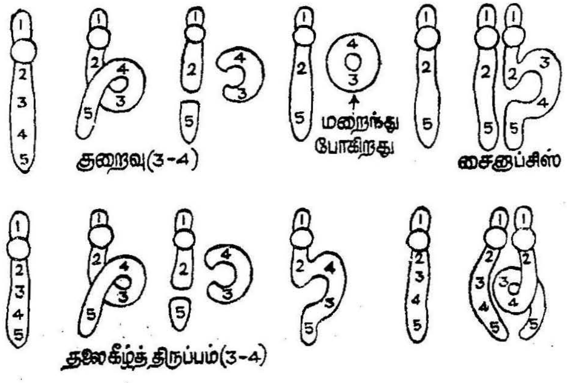
இக்கொள்கைப்படி கார்சினோஜன் புரோட்டோ வைரஸின் சில படி நிலைகளில் தடைசெய்து மியூட்டேஷன்களை உண்டாக்கி இருக்கக்கூடும். அதாவது டிஎன்ஏயிலிருந்து ஆர்என்ஏ செய்தி மாற்றத்தில் அல்லது முன்னிலை மீளும் டிரான்ஸ் கிரிப்ஷனில், அல்லது டிஎன்ஏயிலிருந்து புரதத்திற்கு மாறும் போதுள்ள படி நிலைகளில் தடை ஏற்பட்டிருக்கும்.

மேலே குறிப்பிட்டு விளக்கிய இரு கோட்பாடுகளும் (theories) கொள்கை (hypothesis) அளவில்தான் இருக்கின்றன. அவைகள் மேலும் ஆராய்ந்து முடிவுகாண வேண்டிய நிலையில் உள்ளன. மேலும், பெண்கள் பாலிலிருந்து பரம்பரையாக மாறிவரும் பால் காரணியான (milk factor) பால் வைரஸ்களில் பி-டைப், சி-டைப்கள் (B, C, types) இருப்பதாக பிட்னர் (Bittner) வர்ணித்துள்ளார். இவ்வைரஸ்களுக்கு பிட்னர் வைரஸ் (Bittner virus) என்று பெயர்.

14. குரோமோசோம்களின் பிரட்சிகள்

(Chromosomal Aberrations)

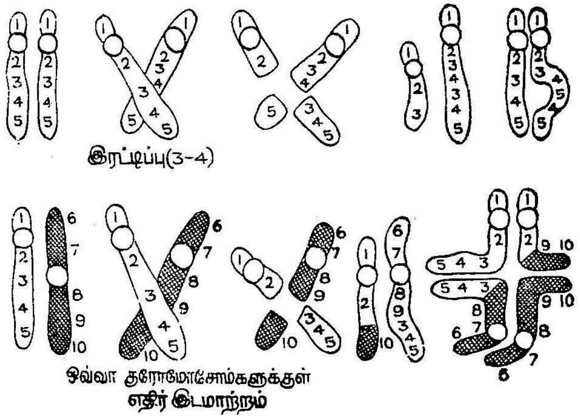
குன்றல் பிரிவின்போது செல்கள் ஒழுங்காகப் பிரிந்து இனச் செல்களை உண்டாக்குகின்றன. செல்களில் உள்ள இரட்டைமயக் குரோமோசோம்கள் ஒற்றைமயமாக்கப் படுவதே இப் பிரிவின் முக்கிய நோக்கமாகும். அவ்வாறு நிகழும் போது குரோமோசோம்கள் கூடியோ, குறைந்தோ, பகுதிகள் முன்பின் மாறியோ, பகுதிகள் இழந்தோ, அதிகமாகியோ குறுக்கேற்றம் போன்ற நிகழ்ச்சிகளால் உண்டாகப் பெறுகின்றன. இவற்றின் விளைவுகள்



படம் 110.

சைனப்சிஸின் போது குரோமோசோம்களில் பிரட்சி குறைவும் தலைகீழ் திருப்பமும் நிகழ்தல்.

தோற்றத்தில் வெளிப்படும். குரோமோசோம்களின் அமைப்பில் வேறு பாடுகள் ஏற்பட்டால் அவற்றிற்கு **அமைப்பு வேறுபாடுகள்**



படம் 111

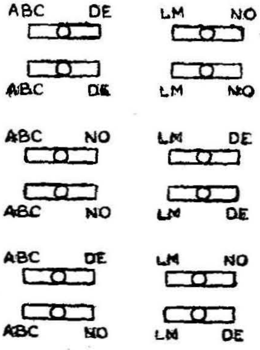
சைனப்சிஸின் போது குரோமோசோம்களின் பிரட்சியும், அவற்றின் பழக்கமும். இரட்டிப்பும், எதிர் இடமாற்றமும்.

(structural changes) என்றும், எண்ணிக்கைகளில் வேறுபாடுகள் ஏற்பட்டால் அவற்றிற்கு எண்ணிக்கை வேறுபாடுகள் (numerical) என்றும் பெயர்.

1· அமைப்பு வேறுபாடுகள்

அ. எதிர் இடமாற்றங்கள் (Translocations)

குறுக்கேற்றம் நிகழும் போது குரோமோசோம்கள் ஒடிந்து, ஒடிந்த பகுதி மற்றப் பகுதியுடன் ஒட்டிக் கொண்டு ஒரு புது அமைப்பை உண்டாக்குவதுண்டு. இந்நிகழ்ச்சிகள் ஒழுங்கான முறையில் நடைபெறும் என்றாலும் ஒழுங்கற்ற முறையிலும் நடைபெறுவதுண்டு. ஒடிந்த பகுதி ஒவ்வாக் குரோமோசோம்களுடன் இணைவதே எதிர் இடமாற்றங்கள் (reciprocal translocations) எனப்படும். ஒத்த குரோமோசோம்களும் எதிர் இடமாற்றம் புரிவதுண்டு.



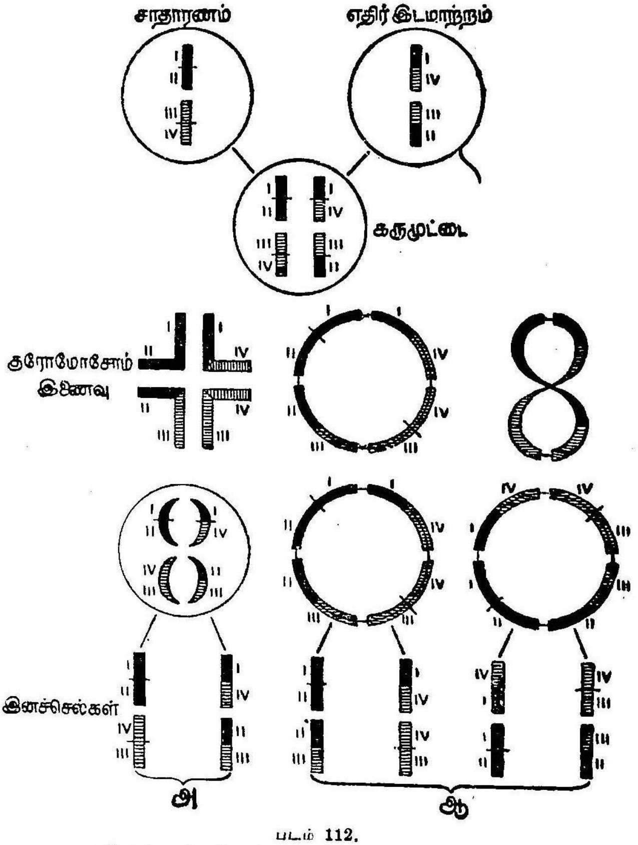
சாதாரண (standard) குரோமோசோம்கள்.

ஒத்த குரோமோசோம்களின் எதிர் இடமாற்றங்கள். (Translocation homozygote)

ஒவ்வா குரோமோசோம்களின் எதிர் இடமாற்றங்கள். (Translocation heterozygote)

குரோமோசோம்கள் எதிர் இடமாற்றங்கள் புரியும் போது, குன்றல் பிரிவின் பாச்சிட்டீன் நிலையில் இணைவுமுறை, குறுக்காகவோ, வளைந்து வளைந்தோ (zig - zag) காணப்படும். ஏனெனில் ஒத்த ஜீன்களின் இணைவு அப்போது தான் ஏற்பட முடியும், அதாவது வட்டமாகவோ, '8' என்ற என்ற எண் போன்றோ, ஏற்படமுடியும். இம்முறை டுரோசோஃபைலாவின் உமிழ்நீர்ச்சுரப்பிக் குரோமோசோம்களில் காணப்படுகிறது (படம் 112).

12 குரோமோசோம்களைக்கொண்ட ஊமத்தையில் (Datura-Sp) இம்மாதிரியான எதிர் இடமாற்றங்கள் சாதாரணமாக நிகழும் ஒரு நிகழ்ச்சியாகும். அதனால் ஊமத்தையின் பல்வேறு வகைகள் உலகமெங்கும் காணப்படுகின்றன. சோளக்கதிர்களில் சோளமணிகள் வரிசையாக அசையாமல் சில இடங்களில் இடைவெளிவிட்டுக் காணப்படும் நிலைக்குக் காரணம் எதிர் இடமாற்றங்களினால் ஏற்பட்ட அரை மலட்டுத்தன்மை (semi-sterility) என்று கருதுகிறார்கள். டுரோசோஃபைலாவில் எஞ்சிய இறகுகளும் (vestigial wings) நீண்ட முட்களற்றும் (spineless) காண்பதற்கு மரபியல் காரணம் கொண்டு விளக்கலாம். இவற்றிற்குரிய குரோமோசோம்கள் முறையே இரண்டாவதும் மூன்றாவதுமாகும். எதிர் இடமாற்றங்களை X கதிர்களைக்கொண்டு செயற்கை முறையில் உண்டுபண்ணலாம்.

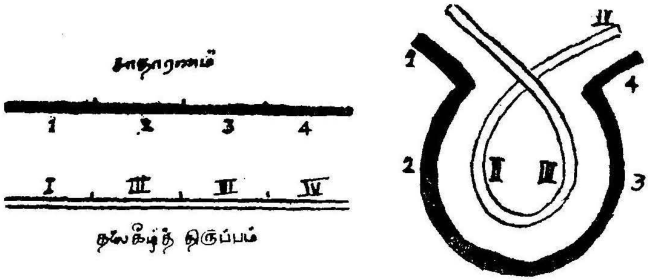


படம் 112.
ஒவ்வாக் குரோமோசோம்களின் எதிர் இடமாற்றங்கள்.

ஆ. குறைவு அல்லது வெறுமையாக்கல் (Deficiency or Deletion)

சென்ட்ரோமியர் இல்லாத ஒரு குரோமோசோம், ஓட்டுநர் இல்லாத காருக்குச் சமமாகும். அதாவது செல்பிரியும்போது ஒழுங்காக நிகழ்வதற்குரிய ஆற்றல் இல்லை என்பதாகும். அதனால் சென்ட்ரோமியர் உள்ள பகுதி, சைட்டோபிளாசத்திலேயே தங்க நேரிடும். அது போய்ச்சேர வேண்டிய துருவத்திற்கும் (pole) போய்ச் சேராமல் இருந்துவிடும். அவ்வாறு தங்க நேரிடும்

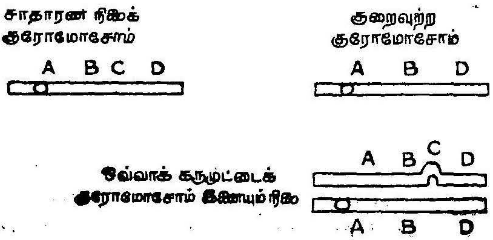
குரோமோசோம் பகுதிகள் சைட்டோபிளாசத்தினுல் உட் கிரகிக்கப்பட்டுவிடுகின்றன. அப்பகுதியிலுள்ள ஜீன்களும் இல்லாதுபோய் விடுகின்றன. அதனுல் குரோமோசோம் முழு



படம் 113.

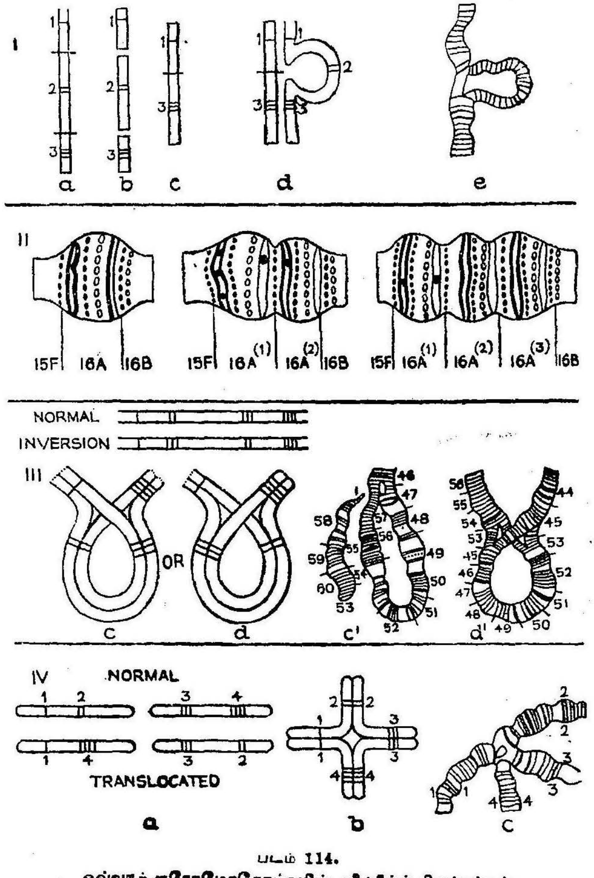
குரோமோசோம் பிரட்சிகளில் சிலமட்டும் காட்டப்பட்டுள்ளது. பகுதிகளின் ஜெனிட்டிக் வரைப்படம்.

மையாக இல்லாமல், சில ஜீன்களைக் கொண்ட குரோமோசோம் துண்டை (பகுதியை) இழந்து, குறையுறுகிறது. அவ்வாறு குறை வுற்ற குரோமோசோமைக் கொண்ட இனச் செல் (gamete) சாதாரண இனச் செல்லுடன் சேர்ந்து கருமுட்டையை உண்டாக் கினுல் சில பண்புகள் குறைந்து காணப்படும், பிரிட்ஜஸ் (Bridges 1917) என்பவரும். மோஹர் (Mohr 1923) என்ப வரும் டுரோசோஃபைலாவின் இறக்கையில் வெட்டு (notch) ஏற்பட்டுப் பறக்க முடியாமல் இறக்க நேரிடுவதைக் கண்டார்கள். மனிதனில் காணப்படும் மைலாய்டு லுக்கிமியா (myeloid leukemia) என்ற நோய் இக்குறைவினுல் நிகழ்வதாகத் தெரி கிறது.



இ. தலைகீழ்த் திருப்பங்கள் (Inversions)

குரோமோசோமில் இரண்டு இடங்களில் ஒடிந்து, பின் இணைவதினால் தலைகீழ்த்திருப்பங்கள் உண்டாகின்றன. X கதிர்கள் மூலமும் தலைகீழ்த்திருப்பங்களை உண்டாக்கலாம் (படம் 114).



படம் 114.
ஒவ்வாக் குரோமோசோம்களின் தலைகீழ்த் திருப்பங்கள்.
இடம்: சைனாப்சின் முன் குரோமோசோம்களின் நிலை.
வலம்: சைனாப்சின்போது

இத்தலைகீழ்த் திருப்பங்கள் ஒத்த, ஒவ்வாநிலைக் குரோமோ சோம்களிலும் நிகழ்வதுண்டு. இணைதலின்போது கீழ்க்கண்ட முறையில்தான் இணையமுடியும். குறுக்கேற்றம் நிகழ்வது மிகவும் சிக்கலானதாகும். சிலசமயம் ஒன்றன்மேல் ஒன்றான தலைகீழ்த் திருப்பங்கள் (overlapping inversions) நிகழ்வதுமுண்டு. டுரோசோஃபைலாவின் மூன்றும் குரோமோசோமில் நிகழ்ந்த தலைகீழ்த் திருப்பங்களினால் பல புது இனங்கள் உண்டாயின. 1921-ஆம் ஆண்டு எ. எச். ஸ்டர்ட்டிவாண்ட் என்பவர் டுரோசோஃபைலாவின் இனங்களில் குறிப்பிட்ட ஜீன்களின்விளைவுகளை விளக்கினார். குறுக்கேற்றத் தடுப்பிகள் பற்றிப் (cross over suppressor) பிறகுதான் விளங்கிற்று.

ஈ. இரட்டிப்புக்கள் (Duplication)

சாதாரணமாகக் காண்பதைவிடச் சில சமயங்களில் இரு குரோமோசோம் பகுதிகள் ஒட்டி கொண்டு காண்பதுண்டு. அல்லது குரோமோசோமே இரட்டித்திருப்பதுவுமுண்டு. குரோமோசோம் பகுதிகள் திரும்பத் திரும்பக் காணப்பட்டால் அந்நிலைக்குத் திரும்பத் தோன்றல் அல்லது "ரிப்பீட்" (repeat) என்று பெயர். சமமற்ற குறுக்கேற்றம் (unequal crossing over) ஏற்பட்டால் இந்நிலை உண்டாகிறது. டுரோசோஃபைலாவின் இரட்டைக் கோட்டுக் கண்கள் (bar eyes double) இரட்டித்தலினால் உண்டாகின்றன. இதுவும் நிலையான திடீர் மாற்றமே.

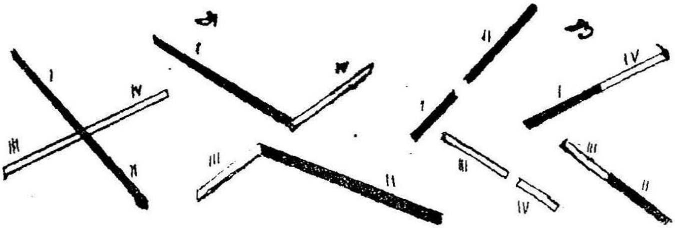
இடவிளைவுகள் (Position Effect)

எதிர் இடமாற்றங்கள், தலைகீழ்த் திருப்பங்கள் ஆக இரண்டிற்கும் குரோமோசோம் பொருள்களைப் பொறுத்தவரை இலாபமோ, நட்டமோ இல்லை. ஏனெனில் ஜீன்களைக் கொண்ட துண்டுகள் மாறி அமைவது வெளித் தோன்றக் கூடிய விளைவுகளை உண்டு பண்ணுவதில்லை. ஆனால் சில சமயங்களில் தெளிவாகத் தோன்றும் விளைவுகளை உண்டுபண்ணுவதுண்டு. அதற்குக் காரணம் இடவிளைவுகள் (position effects) என்று ஸ்டர்ட்டிவாண்ட் (Sturtevant) கண்டார். இரு "ரிப்பீட்டுக்கள்" குறுகிய கோட்டுக் கண்களை உண்டாக்கியதே உதாரணமாகும். இதற்கு காரணம் அவ்விடத்தில் இரு ஜீன்களுக்குமிடையில் ஏற்படும் வேதியற் செயலும் காரணமென்று கருதுகிறார்கள். மேலும் ஹெட்டிரோகுரோமேட்டினின் (heterochromatin) இடம் பெயர்ந்து மற்றொரு ஜீனுக்கு அருகில் அமைவதே காரணமாக இருக்கலாம் என்று தெரிகிறது.

குரோமோசோம் மாறியமைந்து ஒங்குறுதலுக்குரிய நுண்ணியக்கம்

(The Mechanism of Chromosomal Rearrangement)

எதிர் இடமாற்றம் நிகழ்வது, குரோமோசோம் துண்டுகள் பரிமாறிக் கொள்வதைக் குறிக்கிறது. அதனால் இது குறுக்கேற்றம் நிகழ்வது போன்றிருக்கிறது. ஆனால் உண்மையான, ஒவ்வாக் குரோமோசோம்களுக்கிடையே நடப்பது போன்றதில்லை. ஆகையால் இதை ''உரிமையற்ற'' குறுக்கேற்றம் (illegitimate crossing over) என்று கூறுவதுண்டு. இதை விளக்கும் முறையாக இரு கோட்பாடுகள் உண்டு. 1. செரிபுரோவிஸ்கி (Sereburovsky) என்பவரின் விளக்கப்படி இரு குரோமோசோம்கள் முதன் முதலில் குறுக்காகத் தொட்டு அமைந்து, பின் தொட்ட இடத்தில் ஒடிந்து, ஒடிந்த முனைகள் மாற்றி ஒட்டிக் கொள்கின்றன.



படம் 115.

குறுக்கெதிர் மாற்ற நுண்ணியக்கங்களுக்குரிய கோட்பாடுகள்.

இதற்குத் ''தொடல் - முதல் கோட்பாடு'' (contact first theory) என்று பெயர். 2. முல்லர் (Muller) என்பவரின் விளக்கப்படி முதலில் குரோமோசோம்கள் ஒடிந்து, பின் ஒட்டிக்கொள்கின்றன. இதற்கு ''ஒடிதல் — முதல் கோட்பாடு (breakage first theory) என்று பெயர். இரண்டாவது கோட்பாடே சரி என்று கருதுகிறார்கள். X கதிர்கள் மூலம் குரோமோசோம்களை ஒடிக்கவும், ஒட்டவும் முடியும்.

II. எண்ணிக்கை வேறுபாடுகள்

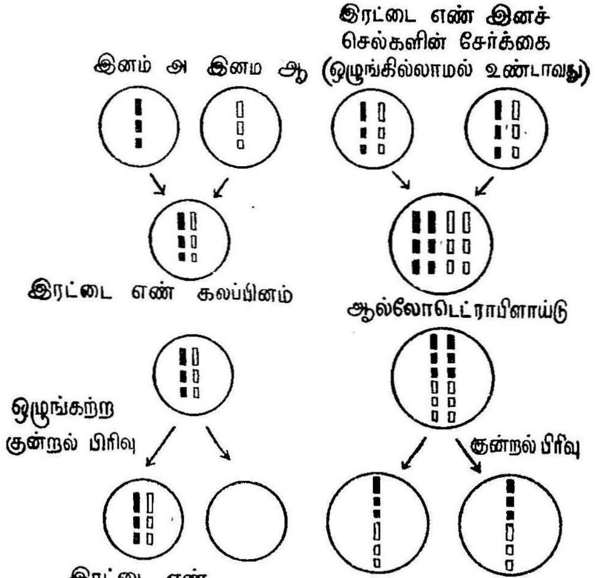
ஒவ்வோர் உயிரினத்திற்கும், குறிப்பிட்ட குரோமோசோம் எண்ணிக்கை உண்டு. இனச்செல்களில் காணப்படும் எண்ணிக்கைகளே முக்கியமாகும். பால் குரோமோசோம்களுடன் (sex chromosomes) ஆட்டோசோம்களும் (autosomes) சேர்ந்து கணக்கிடப் படுகின்றன, இவ்வெண்ணிக்கைகளின் சமநிலையில் வேறுபாடுகள் ஏற்பட்டால் உயிரிகளில் தோற்றவழி விளைவுகள் ஏற்படுகின்றன.

குன்றல் பிரிவின் போது குரோமோசோம்கள் சமமாகப் பிரிகின் றன. இனச் செல்களில் காணப்படும் குரோமோசோம்களுக்கு ஓர் ஒற்றை எண்செல் அல்லது ஜீனோம் (haploid set or genome) என்று பெயர். ஒன்று அல்லது பல குரோமோசோம்களில் மாற் றம் ஏற்பட்டால் அவற்றிற்கு ''அனூபிளாய்டுகள்'' (aneuploids) என்று பெயர். ஜீனோம்களில் (குரோமோசோம்களில் ஒற்றை எண்செட்டுக்கள்)ஏற்படும் மாற்றங்களுக்குப்''பாலி பிளாய்டுகள்'' (polyploids) என்று பெயர். ஒரு செல்லில் ஒரு செட் குரோமோசோம் அல்லது அதன் பெருக்கத்திற்கு (2, 3, 4) யூப் பிளாய்டுகள் (euploids) என்றும் அவ்வாறின்றி (an=not) பெருக் கத்திற்குச் சரியாக வராமலிருந்தால் (உ.ம்: 2n+1) அனூ பிளாய்டுகளென்றும் பெயர். யூப்ளாய்டுகளில் ஒரு நியூக்ளியசில் ஒரு ஜீனோம் மானோப்பிளாய்டுகளில் (monoploid) இருக்கும். ஒரு நியூக்ளியசில் மூன்று ஜீனோம்கள் (genome) இருந்தால் டிரிப் ளாய்டு (triploid) என்றும், நான்கிருந்தால் டெட்ரோபிளாய்டு (tetraploid) என்றும், ஆறு இருந்தால் ஹெக்சாபிளாய்டு (hexa ploid) என்றும், எட்டிருந்தால் ஆக்டோபிளாய்டு (octoploid) என்றும் கூறப்படும். அவ்வாறே அனூபிளாய்டுகளில் குறைவுற்ற ஜீனோம்கள் இருக்கும் போது, டிப்ளாய்டு செட்டிற்கு ஒரு குரோமோசோம் குறைவாக இருந்தால் மானோசோமிக் (mono-somic) என்று பெயர். ஒரு டிரைசோமிக் (trisomic) செட்டில் இரு முழு ஜீனோம்களும், ஒரு குரோமோசோம் அதிகமாகவும், (extra) இருக்கும். பல்கூறுகளான ஜீனோம்கள் (multiple genome) ஒத்தவையாக இருந்தால் ஆட்டோ பாலிபிளாய்டுகள் (auto polyploids) என்று பெயர். பல்கூறுகளான ஜீனோம்கள் ஒவ்வா தனவாக இருந்தால் ஆல்லோபாலிபிளாய்டுகள் (allopolyploids) என்று பெயர். கீழ்க்கண்ட அட்டவணை மேற்கூறியவற்றைச் சுருக்கமாக விளக்குகிறது.

I. அனூபிளாய்டி	சுருக்கவிதி	ஒவ்வாக் குரோமோசோம் களின் சேர்க்கை (கசடத)
மானோசோமிக்	2n−1	(கசடத) (கசட)
டிரைசோமிக்	2n+1	(கசடத) (கசடத) (க)
டெட்ராசோமிச்	2n+2	(கசடத) (கசடத) (க) (க)
இரட்டிப்பு டிரை சோமிக்	2n+1+1	(கசடத) (கசடத) (கட)
II. யூப்ளாய்டி.		
மானோ பிளாய்டு (ஹேபிளாய்டு)	n	(கசடத)

டிபிளாய்டு	2n	(கசடத) (கசடத)
டிரிபிளாய்டு	3n	(கசடத) (கசடத) (கசடத)
ஆட்டோடெட்ரா பிளாய்டு	4n	(கசடத) (கசடத) (கசடத)
ஆல்லோடெட்ரா பிளாய்டு	4n	(கசடத) (கசடத) ('க' 'ச') ('ட', 'த') ('க' 'ச', 'ட','த')

டிபிளாய்டுச் சேர்க்கை மட்டும் காட்டப்பட்டிருக்கிறது. பாலி பிளாய்டுச் சேர்க்கைக்கும் இவ்வாறே காட்டலாம். (உ.ம்) (கசடத) (கசடத) (கசடத) (க).



படம் 116.

அனுபிளாய்டுவின் தோற்றம்.

விளக்கம்: (கசடத) என்பது ஒரு ஜீனோமாகும். அந்த இனத்திற்குரிய ஜீன்களின் பண்புச் செட்டிற்கு ஜீனோம் என்று பெயர்.

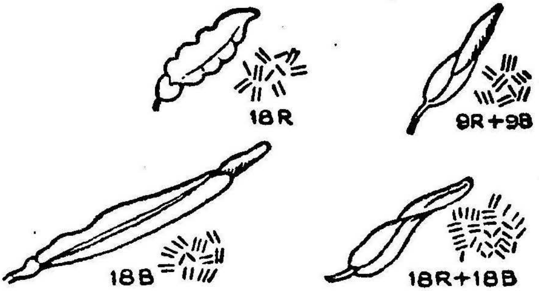
யூப்ளாயடி: பால் குரோமோசோம்களை நீக்கி மற்றக் குரோமோசோம்களைக் கணக்கிடும் போது, ஒரு செல்லில் காணப் படும் குரோமோசோம்கள் சமநிலையில் இருக்கவேண்டும். ஆனால் செல் பிரிவின்போது எதிர்பாராத விதமாக முறைமையற்றுப் பிரிவதுண்டு. உதாரணமாக டெட்ராபிளாய்டு உண்டாவது கீழேகாட்டப்பட்டிருக்கிறது. ஒரு செல்லில் இரு செட்டுக்கள் இருக்கின்றன.

ஒவ்வொன்றிலும் நீளம், நடுத்தரம், குட்டை என்ற மூன்று குரோமோசோம்கள் இருக்கின்றன. இவை இரண்டாகப் பிளவுற்றுப் பின் செல்பிரிவு ஏற்படாமல் அவை ஒன்றிலே தங்கி விடுவதுண்டு. அவ்வாறு ஏற்பட்டால் நிரந்தரமாக அந்தச் செல்லில் நான்கு செட் குரோமோசோம்கள் நிலைத்து விடு கின்றன. இதற்கு டெட்ராபிளாய்டு (4n) என்று பெயர். குரோமோசோம் பிரிவை ஒட்டிச் செல்பிரிவு நிகழ்ந்தால் இவ் வாறு நிகழ்வதில்லை. சாதாரணமாகக் காணப்படும் இரட்டை எண்கள் பிரிந்தால் இனச்செல்களில் ஒற்றை எண்களாகின்றன. இவ்வொற்றை எண்களைக் கொண்ட இனச்செல்கள் கருத்தரித்து இரட்டை எண் உயிரியாவது போல் டெட்ராபிளாய்டு உயிரிகளில் இனச் செல்கள் இரட்டை எண்களாக அமைகின்றன. டெட்ராபிளாய்டுகள் தாவரங்களில் காணப்படுவது போல் விலங்குகளில் காணப்படுவதில்லை. தக்காளி, ஊமத்தை, பிளம், ஸ்ட்ராபெரி போன்றவற்றில் டெட்ராபிளாய்டுச் செடிகளில் சாதாரணமாகக் காணப்படுகின்றன.

இரு நெருங்கிய இனங்கள் சேரும்போது ஆல்லோ டெட்ரா பிளாய்டுகள் உண்டாகின்றன (படம் 116). இவ்விரண்டிலிருந்தும் உண்டாகும் கலப்பினத்திற்கு (hybrid) ஆல்லோ டெட்ரா பிளாய்டு என்று பெயர். நான்கு செட்டுக் குரோமோசோம்கள் இருந்தாலும் டெட்ராபிளாய்டு என்று கூறுமல் ஆல்லோ டெட்ரா பிளாய்டு என்று கூறுவதற்குக் காரணம் இரு செட்டுக்கள் ஓர் இனத்திலிருந்தும், மற்ற இரு செட்டுக்கள் வேருேர் இனத்தி லிருந்தும் வருவதே (allo = other) யாகும்.

கார்ப்பிசெங்கோ (Karpechenko) என்ற விஞ்ஞானி முள்ளங் கியையும். முட்டைக்கோசையும் சேர்த்து Raphanus Sativus and Brassica Oleraceae என்ற ஒரு புதுக் கலப்பினத்தை உண்டுபண்ணி ஞர். ஒவ்வொன்றிற்கும் $2n = 18\ (9R + 9R)$ என்ற குரோமோசோம் கள் உள்ளன. அக் கலப்பில் 1ஆம் தலைமுறையில் 18 குரோமோ சோம்கள் நிலைத்தன. 9 குரோமோசோம்கள் முள்ளங்கி

யிலிருந்தும், 9 முட்டைக்கோசிலிருந்தும் வந்து சேர்ந்தவையே. குன்றல் பிரிவின் போது சிலசமயம் பிரியாமல் 18 குரோமோசோம்களும் அப்படியே இருப்பதுமுண்டு. அவ்வாறு நேர்ந்தால் டெட்ராபிளாய்டுக் கலப்பினம் உண்டாகிறது. அந்நிலையில் பெற்றோர்களின் குரோமோசோம்கள் 36ம் அப்படியே இருந்து விடுவதுண்டு. இவற்றிலிருந்து 9R+9B வகையும், 18R+18B வகையும் கிடைக்கும். அவ்வாறான செடிகளில் கீழே முள்ளங்கியும், மேலே முட்டைக்கோசும் வளரும். இச் செடிக்கு முள்ள கோஸ் என்று பெயர். ஆனால் இச்செடி பெரும்பாலும் மலடாகவே (sterile) இருந்து விடுகிறது. இதிலிருந்து மக்களுக்குக் கிட்டும் பயன் ஒன்றும் இல்லை என்றாலும், மரபியல் படிப்பிற்கு இது முக்கியமான தொன்றாகும். இதற்கு முள்ளகோஸ் (Raphans Brassica) (R R C C) என்று பெயர். ஆனால் சில விதைகளே கிடைக்கின்றன. இதில் 36 குரோமோசோம்கள் இருப்பதால் 9 கொண்ட 4 செட்டுக்கள் இருக்கின்றன. குன்றல் பிரிவில் ஒவ்வோர் இனச்செல்லிலும் 9R, 9R குரோமோசோம்களையும், 9C, 9C குரோமோசோம்களையும் உண்டாக்குகின்றன. 9Rம், 9Cயும், சேர்ந்தால் இரட்டை எண் கலப்பினம் (18RC) கிடைக்கிறது, ஆனால் இதன் கரு வளமற்றிருக்கும் (unfertile) படம் 117).



படம் 117
முள்ளகோஸின் தோற்றம்
A. முள்ளங்கி.
B. முட்டைகோஸ்
C. முள்ளகோஸ், (டிப்ளாய்டு ஹைபிரிட்).
D. முள்ளகோஸ் (ஆல்லோடெட்ராபிளாய்டு)

ஆல்லோடெட்ராபிளாய்டுகளைச் செயற்கை முறையில் கோல்சிசின் (colchicine) செலுத்தி உண்டு பண்ணலாம். இவை டிப்ளாய்டுகளைத்தான் (கலப்பினம்) கொடுக்கின்றன. இந்த

டிப்ளாய்டுகளை விதையிலேயே கோல்சிசீன் செலுத்திக் குரோமோசோம்களை இரட்டிக்கச் செய்யலாம். இவற்றிலிருந்து வளருவன ஆல்லோடெட்ராபிளாய்டுகளாகும்.

தாவரங்களில் பல, பலமயங்களாகவே (polyploidy) இருக்கின்றன. ஒற்றைமயத் தாவரங்களும் (haploid) இருக்கின்றன. இவை கன்னி இனப்பெருக்க முறையில் (parthenogenesis) பெருகுகின்றன. பிளாக்கஸ்லி (Blakeslee) என்பவர் ஊமத்தை போன்ற செடிகளில் பலமயச் செடிகளை உண்டாக்கியுள்ளார். ஆப்பிள், புகையிலை, பருத்தி, கரும்பு, நெல், சோளம் வகைகளில் பலமயம் பற்பல இனங்களைப் பயிர் செய்ய உதவுகின்றன.

அனுபிளாய்டி: மானோசோமிக் நிலைமை இரட்டைமய ஜீனோமில் ஒரு குரோமோசோமை இழப்பதால் உண்டாகிறது (2n—1). டுரோசோஃபைலா, புகையிலை போன்றவற்றில் இந்த நிலையைக் கண்டுபிடித்துள்ளார்கள். இவற்றிலிருந்து n, n—1 களைக் கொண்ட இனச் செல்கள் உண்டாகின்றன. சில சமயம் குன்றல் பிரிவில் இரு குரோமோசோம் சோடிகளும் ஒரே துருவத்தை அடைந்து இயபின்மைப் பிரியா நிலையை (non disjunction) உண்டாக்குகின்றன. மானோசோமிக் நிலைக்கு எடுத்துக் காட்டாக டுரோசோஃபைலாவின் ஹேப்லா-IV (haplo-IV) வகையைக் கூறலாம். இதில் நான்காவது குரோமோசோம்களில் ஒன்று இருக்காது. C. B. பிரிட்ஜஸ் என்ற விஞ்ஞானி இதைக் கண்டார். டிரைசோமிக் நிலையில் ஒரு குரோமோசோம் அதிகப் படியாக இருக்கும் (டிரிப்லோ IV-triplo IV). மனிதர்களின் குரோமோசோம்களில் மிகப்பெரிய ஆட்டோசோம் சோடிக்கு நெம்பர் 1 என்றும், இறுதியாக உள்ள மிகச்சிறிய ஆட்டோம் சோடிக்கு நெம்பர் 22 என்றும் கூறுவதுண்டு. பால் குரோமோசோம்களை நெம்பர் 23 என்று கூறுவது வழக்கம். நெம்பர் 21ஆம் குரோமோசோம் சோடியில் ஒன்று குறைவதினால் டவுன்ஸ் சிண்ட்ரோம் (Down's syndrome) என்ற வியாதி உண்டாகிறது. இதனால் மங்கோலிசம் அல்லது மங்கோலிய அறிவிலிகள் (Mongolian idiocy) உண்டாகிறார்கள்.

பிளாக்கஸ்லீயும், பெல்லிங்கும் (Blakaslee and Belling) ஊமத்தையில், ஜீன்கள் சமநிலை இழப்பதைப் பற்றி ஆராய்ந்து பலவிதமான காய்கள் உண்டாவதை விளக்கியுள்ளார்கள். டெட்ராசோமிக் (tetrasomic) நிலைகளைப் பற்றியும் சில தாவரங்களில் அதிகம் தெளிவுபடுத்தப்பட்டிருக்கின்றது. விலங்கினங்களில் இது அதிகம் காணப்படுவதில்லை.

மேலே விளக்கப்பட்ட குரோமோசோம் பிரட்சிகள் யாவும் படிமலர்ச்சிக் கொள்கையில் புதுப் புது இனங்களை உண்டாக்கு வதற்குப் பயன்படுகின்றன. சில கெடுதல்களாகவும், சில நன்மை பயப்பனவாகவும் இருக்கின்றன. ஆனால் இவை இனத் தோற்றத்திற்கு (origin of species) வகைகளாக அமைகின்றன.

15. சேய்ப் பெருக்கமும், தேர்வும்.

(Breeding and Selection)

உயிரிகளிடத்தில் காணப்படும் முக்கிய வேலைகளில் சேய்ப் பெருக்கமும் ஒன்றாகும். இதனால் பலவிதமான நுண்ணியக்கங்களை அவற்றிடம் காண்கிறோம். இனப்பெருக்கத்தின் வழியாகத் தான் தன் பரம்பரையைக் காப்பாற்ற முடியும். பலவற்றில் பால் இனப்பெருக்கமும், சிலவற்றில் பாலிலி இனப்பெருக்கமும் இன்னும் சிலவற்றில் கன்னி இனப்பெருக்கமும் காணப்படுகின்றன. ஆனால் செயற்கை முறையிலும் இன வளர்ப்புகள் நடைபெறுகின்றன. அந்தச் செடி அல்லது விலங்கு வகைகளிலிருந்து மக்களுக்குப் பயன்படும் பொருள்களை அதிகமாகக் கொடுக்கச் செயற்கை முறை பயன்படுகிறது. உதாரணமாக நல்ல மகசூல் கிடைக்கும் தானியங்களையும், நல்ல உரோம வகைகளைக் கொடுக்கும் ஆடுகளையும், நெல், பருத்தி, கரும்பு போன்றவைகளையும், நல்ல அளவு பால், தோல் கொடுக்கும் கால்நடை வகைகளையும் அதிகமாக உற்பத்தி செய்யலாம். இவ்வாறு அதிகப்படியாகப் பயன் அளிக்கும் வகைகளை மட்டும் பொறுக்கி எடுத்து உற்பத்தி செய்வது நல்லதாகும்.

சேய்ப் பெருக்கத்தில் இரு முறைகள் உண்டு. (1) தற்கலப்புச் சேய்ப் பெருக்கம் (in breeding), (2) அயற்கலப்புச் சேய்ப் பெருக்கம் (out breeding) நெருங்கிய உறவு கொண்ட பெற்றோர்களிடமிருந்து இளங்கன்றுகளைப் (offspring) பெறுவதற்குத் தற்கலப்புச் சேய்ப் பெருக்கம் என்று பெயர். உறவற்ற பெற்றோர்களிடமிருந்து இளங்கன்றுகளைப் பெறுவதற்கு அயற்கலப்புச் சேய்ப் பெருக்கம் என்று பெயர். இவ்விரு முறைகளுக்குமிடையில் பல தரங்கள் இருக்கின்றன. உதாரணமாக அண்ணன் - தங்கை திருமணம் மிகவும் நெருங்கிய தற்கலப்பாகும். பெற்றோரின் உடன் பிறந்தார்களின் பிள்ளைகளின் (cousins) மணம் சற்று நெருக்கம் குறைந்ததாகும். எகிப்து நாட்டில் தங்கைகளை மணப்

பது பழக்கமாக இருந்திருக்கிறது. பெற்ஜேரின் உடன் பிறந் தவர்களின் பிள்ளைகளை மணப்பது பல நாடுகளில் பழக்கமாக இருந்து வருகிறது சில குதிரை, மாடு இனங்களில் தற்கலப்பு முறை மிக்க பலனை அளித்திருக்கிறது. ஆனுல் தாவரங்களில் தற் கலப்பு முறை, வெகு காலங்களுக்குப் பிறகு இனச் சிதைவு நிலைக் குக் கொண்டு சென்றுள்ளது. சில பந்தயக் குதிரைகளின் (நாய் கள் கூட) வம்சாவழிகள் உயர்ந்த நிலையில் இருப்பதால் அவற் றின் ஜீன்கள் வெளிச் சென்று பரவி விடாமலிருக்கத் தற்கலப்பு முறையேயே கையாளுவதுண்டு. ஆனுல் அயற்கலப்பு மற்ருெரு வகையில் நன்மையைத் தருகிறது. அதாவது இம் முறையின் வழித் தோன்றிகளிடத்தில் கலப்பினத்தினத்திடம் கலப்புயிர்வீரி யம் அல்லது ஹைபிரிட் வீரியம் (hybrid vigour) அதிகமாவதால் புதுப்புது இனங்கள் உண்டாவதுடன் விளைச்சலும், தரமும் உயர் கின்றன. ஜி. எச். ஷல்லும், ஈஸ்ட்டும் (G.H. Shull and East) 1905ஆம்ஆண்டு சோளத்தில் செய்த வெவ்வேறு சோதனைகள் மூலம் கீழ்க்கண்ட உண்மைகளைக் கண்டனர். சுயச்சேர்க்கை (selfing) செய்தால் நாளுக்கு நாள் அவற்றின் வீரியம் குறைகிற தென்றும், அயற்சேர்க்கை (crossing) செய்தால் வீரியம் அதிகமா கிறதென்றும் கண்டார்கள். இதற்கு ஹெட்டிரோசிஸ் (hetero-sis) அல்லது கலப்புயிர் வீரியம் (hybrid vigour) என்று ஷல் பெயரிட்டார்.

தற்கலப்புச் சேய்ப் பெருக்கம் கெடுதலா ?

இரத்தக்கலப்புள்ள உறவினர்கள் மணம் செய்து கொண்டால் குறையுடைய மக்களைப் பெறுவார்கள் என்பதைப் பலரும் கேட் டிருக்கலாம். இக்கருத்து வெகுகாலமாக இருந்து வந்தாலும் நாகரிகமடைந்த நாடுகளில் இன்று இம்முறையைத் தடுக்கச் சட்டங்கள் இயற்றப்பட்டுள்ளன. ஏனெனில் பெற்ஜேர்கள் சாதாரணமாக (normal) இருந்தாலும் அவர்களுக்குப் பிறக் கும் குழந்தைகள் குறையுடையவர்களாக இருக்கிருர்கள். ஆனுல் அதிக வாய்ப்புகளுடைய சிறு சமுதாயத்தில் தற்கலப்புச் சேய்ப் பெருக்கம் அறிவிலிகளை அதிகம் உண்டாக்குகிறது. பல்வேறு சமுதாயங்களைக் கொண்ட நகரங்களில் அறிவிலிகள் குறைவே. ஆனுல் கீழ் நிலை விலங்குகளில் இம்முறைதான் அதிகமாகக் கை யாளப்படுகிறது. இருபால் ஓர் உயிரிகளில் தம்முடைய இனச் செல்களே கருத்தரிக்கச் செய்கின்றன. இதைத் தடுக்கப் பல வழி களைக் கையாண்டாலும் பூரணமாகத் தடுக்க முடிவதில்லை. இருப் பினும் நல்ல பண்புகள் கொண்ட குதிரை, நாய், பசு, கோழி போன்றவற்றின் வர்க்கங்களை வெளிச் செல்லாத்திருக்கத் தற்

கலப்புச் சேய்ப் பெருக்க முறையே கையாளுவது மிகவும் நல்லதாகும். சில அரசக் குடும்பங்களில் கூட இம்முறையைக் கையாண்டிருக்கிறார்கள்.

ஓர் இனத்தொகையில் மேற்கூறிய இருமுறைகளும் எவ்வாறு பாதிக்கின்றன என்று கணக்கிடுவோம். ஓங்கும் ஜீன்களும் (domienant genes), ஒடுங்கும் ஜீன்களும் (recessive genes) ஓர் இனக்கூட்டத்தில் இருக்கின்றன. உதாரணமாக இரு குடும்பம் மட்டும் அக்கூட்டத்தில் இருப்பதாகக் கொள்வோம். A என்ற ஒரு குடும்பத்தில் இரு பிள்ளைகள் இருக்கிறார்கள் என்றும் அவர்கள் கலப்புயிர்கள் (ஹைப்பிரிட்கள்) என்றும் கொள்வோம். (i = அறிவிலிகள் ஜீன் (idiots); + சாதாரண ஜீன் (normal genes). B என்ற மற்றொரு குடும்பத்தில் அவ்வாறே இரு பிள்ளைகளும், அவர்களுக்குச் சாதாரண, தூய + ஜீன்களும் (pure normals) இருப்பதாகக் கொள்வோம். இவ்விரு குடும்பங்களும் தற்கலப்பு முறையில் சேய்ப் பெருக்கம் செய்வதாகவும், அயற்கலப்பு முறையில் சேய் பெருக்கம் செய்வதாகவும் இருந்தால் என்னவாகும் என்று பார்ப்போம். முதலில் ஒவ்வொரு குடும்பமும் தற்கலப்புச்சேய்ப் பெருக்கம் செய்வதாகவும் (i/+ × i/+; +/+ × +/+) இரண்டாவதாக அயற்கலப்புச் சேய்ப் பெருக்கம் செய்வதாகவும் (i/+ × +/+; i/+ × +/+) கொள்வோம். ஒவ்வொரு குடும்பத்தின் இனக்கலப்பினாலும் நான்கு பிள்ளைகளே இவற்றிற்கும் பிறப்பதாகக் கொண்டு கணக்கிட்டால் கீழ்க்கண்ட சராசரி முடிவுகள் கிடைக்கின்றன.

தற்கலப்புச் சேய்ப் பெருக்கம்

குடும்பம் A i/+ × i/+ கொடுப்பது 1 +/+: 2 i/+: 1 i/i
குடும்பம் B +/+ × +/+ → 4+/+ ← (நான்கு என்று வரையறைப் படுத்திக் கொண்டால்)

மொத்தம் iகள் = 2 (8ல்) மொத்தம் iகள் = 4 (16ல்)
அல்லது 25% அல்லது 25%
(சதவீதத்தில் வேறுபாடில்லை)

அயற்கலப்புச் சேய்ப் பெருக்கம்

குடும்பம் A		குடும்பம்B	
i/+	×	+/+	→ 2i/+: 2+/+
i/+	×	+/+	→ 2i/+: 2+/+

மொத்தம் iக்கள் = 2 (8ல்) மொத்தம் iகள் = **4** (16ல்)
அல்லது 25% அல்லது 25%
சதவீதத்தில் மாற்றமில்லை.

மேற்கூறிய கூட்டத்தொகுதியில் இரு முறைகளிலும் 25% i ஜீன்களைக் கொண்டு ஆரம்பித்து 25% ஜீன்களிலேயே முடிகிறது. அதனால் i ஜீன்களின் சதவீதம் அக் கூட்டத்தில் மாறவில்லை. இந்நிலையே பெரிய இனத் தொகையிலும் காணப்படும். [i = (intelligent) புத்திசாலிகளையும் குறிக்கும்.]

ஒரு கூட்டததில் தற்கலப்புச் சேய்பெருக்க முறையே கையாளப்பட்டால் ஹைபிரிடுகள் நீக்கப்பட்டுவிடுகின்றன. ஆனால் அவற்றிற்குப் பதிலாகத் தூயவகைகளே (pure types) அமைகின்றன. உதாரணமாக இருபாலினச் (hermaphrodite) செடியான மிராபிலிஸ் ஜலப்பாவிற்கு (Mirabilis Jalapa) இளஞ் சிவப்புள்ள (pink) 1 ஆம் தலைமுறைகள் தோன்றுகின்றன. இதன் பெற்றோர்களுக்குச் (பூக்கள்) சிவப்பாகவும் (+), வெள்ளை (W) யாகவும் இருக்கும். 1ஆம் தலைமுறையிலில் 800 இளங் கன்றுகளும், அவை இளஞ்சிவப்பு நிறமென்றும், ஒவ்வொரு செடியும் ஓர் இளங்கன்றுதான் உண்டாக்குமென்றும் கொள்க. 1ஆம் தலைமுறையிலிருந்து 1 +/+ சிவப்பு: 2 N/+ இளஞ்சிவப்பு: W/W வெள்ளை என்ற 2ஆம் தலைமுறை இளங்கன்றுகள் வருகின்றன. அதாவது சராசரிக்கு [$\frac{1}{4}$பங்கு (200) +/+ சிவப்பு], [2/4 பங்கு (400) W/+ இளஞ்சிவப்பு] [$\frac{1}{4}$பங்கு (200) W/W வெள்ளையாகவும்] இருக்கும். இதில் மொத்தத்தில் 50% ஹைபிரிட்களாகும். 2ஆம் தலைமுறை சிவப்பும், வெள்ளையும் இனப்பெருக்கம் செய்யும்போது அவ்வாறே 200 சிவப்பும், வெள்ளையுமாக 400 ஹைபிரிட்களும் 1: 2: 1 என்ற விகிதத்தில் அதாவது 100 +/+ சிவப்பு: 200 W/+ இளஞ்சிவப்பு: 100W/W வெள்ளை என்றாகிறது. தற்போது மொத்தம் 800ல் 200 இளங் கன்றுகள் ஹைபிரிட்களாகும் அதாவது 25%ஆகும். 1ஆம் தலைமுறையில் 100% ஆக இருந்தது 2ஆம் தலைமுறையில் 50% ஆகியும், 3ஆம் தலைமுறையில் 25% ஆகியும், 4ஆம் தலைமுறையில் 12$\frac{1}{2}$% ஆகியும் குறைந்து கொண்டே வருகிறது இம்முடிவுகளைக் கீழ்க்கண்ட சுருக்க அட்டவணை விளக்குகிறது.

இனக்கூட்டத்தின் சேர்க்கையமைப்பு

தலைமுறைகள்	சிவப்புகள் (+/+)	இளஞ்சிவப்புகள் (W/+)	வெள்ளைகள் (W/W)	ஹைபிரிட்கள்	
				எண்ணிக்கை	சதவீதம்
F_1		800 W/+		800	100
F_2	200 +/+	400 W	200 W/W	400	50
				200W/+ 200	25
F_3	200+/+	100+/+ 200W/+	100W/W		

சுயக் கருத்தரிப்பின் மூலம் ஒவ்வொரு தலைமுறையும் கலப்புயிரிகளின் அல்லது ஹைபிரிட்களின் விகிதத்தைப் பாதியாக்கிக் கொண்டுவருகின்றது. பத்துத் தலைமுறைகளுக்குப் பின் அவ்வினக் கூட்டத்தில் ஹைபிரிட்கள் 100க்கு ஒன்றாகிவிடும். அவ்வமயம் அக்கூட்டத்தில் (+/+ (சிவப்பு) W/W என்ற) இரு தூய வகைகளே இருக்கும் நிலை ஏற்படுகிறது.

இரு பக்கங்களிலும் பிரிந்து ஒதுங்கும் சிவப்புச் செடிகளும், வெள்ளைச்செடிகளும் தூய (சுத்த) வரிசைகள் (pure lines) என்று கூறப்படும். ஏனெனில் இதில் கலப்பு என்பதில்லை.

மேலும் இருநிறத்தை மட்டும் கொடுக்கக்கூடிய செடிகளை (உ-ம்: பட்டாணிச்செடி) எடுத்துக் கொண்டால் சிவப்பு(+) வெள்ளை (W) உயரம் (+) குட்டை (d) என்ற பண்புகளையே கொடுக்கும். இடைநிலைப் பண்புகளோ இரா. இவ்வகைச் செடிகளுக்கு மரபுவழித் தோற்றமும், அமைப்புவழித் தோற்றமும் வெவ்வேறே. அமைப்புவழித் தோற்றம் சிவப்பும் உயரமுமாக இருக்கும்போது அச்செடி ஓங்குநிலையிலோ, ஹைபிரிடாகவோ இருக்கலாம். கலப்புயிராக இருந்தால் $\left(\frac{Wd}{++}\right)$ மேற்கூறியவாறு தூய வரிசைகளாக பிரிகின்றன.

$\frac{++}{++}$ (சிவப்பு, உயரம்), $\frac{+d}{+d}$ (சிவப்பு, குட்டை), $\frac{W+}{W+}$ (வெள்ளை, உயரம்) $\frac{Wd}{Wd}$ (வெள்ளை. குட்டை.)

ஆகவே பலமுறை சுயக்கருத்தரித்தலுக்குப்பின் (self fertilization) தூய வரிசைகள் உண்டாகின்றன. தூய வரிசை நிலையை அடைந்தபின் சுயக்கருத்தரித்தல் செய்தால் அதனுடைய மரபுவழித் தோற்றத்தையே உண்டாக்குகின்றது என்பது உறுதியாகிறது.

கலப்புயிர் வீரியம் (ஹைபிரிட்)
(Hybrid Vigour or Heterosis.)

பெற்றோர்களைவிட ஹைபிரிட்கள் அதிக வீரியம் உடையனவாக இருக்கின்றன. வெவ்வேறு வகைச் சோளத்தைக் கருத்தரிக்கச் செய்தால் (cross fertilization) மிக உயரமானதும், செழிப்பானதும், திடமுள்ளதுமான சோளம் உண்டாகிறது, கதிர்கள் நீளமாக இருக்கும். இருபெற்றோர்களினிற்றும் ஒவ்வொரு கருமுட்டை சேருவதே இதற்குக் காரணமாகும். ஆனால் அயற்கலப்புச்செய்தால் இவ்வீரியம் அதிகரிப்பதில்லை. அதன் தரம் குறைந்துகொண்டுவருவதுண்டு.

தானிய வகைகளில் கலப்புயிர்தல் அல்லது ஹைபிரடைசேஷன் (hybridization) முறை ஒருபெரிய திட்டமாக அமைந்துள்ளது. பல ஆராய்ச்சிகளுக்குப் பின் நல்ல கலப்புயிரிகளைப் பொறுக்கி எடுத்துப் பழக்கத்திற்கு விடுவார்கள். அவ்வாறே உயிர்சாதிப் பன்றிகள், மாடுகள், ஆடுகள் முதலியனவற்றை இரட்டை அயற்சேர்க்கை கலப்புயிர்தல் (double cross hybridization) செய்து நல்ல பயனளிக்கும் சாதிகளை நிரந்தரப்படுத்தியுள்ளனர். ஆனால் ஆண் கழுதையும் பெண் குதிரையும் இனக்கலப்புச்செய்தால் கோவேறு கழுதை (mule) பிறக்கிறது. வெவ்வேறு இனச் சேர்க்கையில் இம்மாதிரி புதிய இனமும் உண்டாவதுண்டு. கோவேறு கழுதை ஒரு மலடாகும் (sterile). இது இனவிருத்தி செய்யமுடியாது. இங்கு ஹைபிரிட் திடம் காணப்படவில்லை. அதற்குப் பதிலாக மலடாக்கம்தான் நிலைக்கிறது. ஆகவே அயல் இனக்கலப்புப் பெரும்பாலும் நன்மை விளைத்தாலும் சில தீமைகளையும் விளைவிக்கிறது என்றும் தெரிந்துகொள்ளவேண்டும்.

தேர்வு (selection) முறையில் தூய வகைகளையும் ஹைபிரிட்களையும் எடுத்து எவை எவை பயனளிக்க வல்லனவோ அவற்றை

யெல்லாம் பயிர்செய்யவும் வளர்க்கவும் வேண்டும். உழவர்கள் நல்லபொறுக்கு விதைகளைக் கொண்டு பயிரிட வேளாண்மைத் துறை மிகவும் பாடுபட்டு வருகிறது. அவ்வாறே கால்நடை களையும் பொறுக்கி எடுத்துக் கருத்தரிக்கச் செய்து நல்லவற்றை வளர்க்கவேண்டும். மக்களிடையே கூட வெவ்வேறு சாதிகளில் மணம் செய்து கொள்வதில் சில குழந்தைகள் மிகப் புத்திசாலி களாகப் பிறக்கின்றன. சில அறிவிலிகளாகவும் பிறப்பதுண்டு. ஆனால் இத்தேர்வு முறையினால் புதிய ஜீன்களை உண்டாக்க முடியாது. நிலையான திடீர் மாற்றங்களினால் (mutation) ஏற்பட்ட ஜீன்களைக் கொண்டோ, முன்பே நிலைத்துள்ள ஜீன் களைக் கொண்டோதான் தேர்வு நடத்தமுடியும்.

16. குரோமோசோம் பங்குபெறா பரம்பரையியல் அல்லது சைட்டோபிளாசப் பரம்பரையியல்

(Extra Chromosomal Inheritance Cytoplasmic Inheritance)

குரோமோசோம்கள் மூலம் தான் பரம்பரைக் குணங்கள் வழி வழி தோன்றுகின்றன என்று கண்டோம். குரோமோசோம்கள் பங்கு பெறாத முறையிலுங்கூட இக்குணங்கள் சந்ததிகளுக்குச் செல்லுகின்றன. இம்மாதிரி நிகழ்ச்சிகள் யாவும் விதிவிலக்கு என்று முதலில் கருதினர் அவ்விதி விலக்கு நிகழ்ச்சிகள் முக்கிய மற்றன என்றும் கருதினர். ஆனால் உயர்மட்ட தாவரங்களில் மரபியலின் ஆரம்ப காலந்தொட்டே குரோமோசோம்கள் பங்கு பெறு மரபுப்பரம்பரைகள் மிகத் தெளிவாக விளக்கப்பட்டுள்ளன. அக்காலந் தொட்டு இக்காலம் வரை ஒவ்வொரு வகுப்பு உயிரிகளிலும், இதற்கான எடுத்துக்காட்டுகள் உள்ளன. இம்முறைப் பரம்பரையியலை மைக்ராஸ்கோப் மூலமாகவும், செய்ப்பெருக்க சோதனைகளில் (breeding experiments) மூலமாகவும் விளக்கலாம். செய்ப் பெருக்க சோ த னை க ளி ல் (breeding experiments) கூட இரட்டித்தலின் தன்மை மிகத் தெளிவாக விளக்கப்பட்டுள்ளது. எவைகளின் மூலம் இப்பரம்பரைப் பொருட்கள் வழி வழியாகச் செல்கின்றன என்பதை, அவைகளின் பழக்கத்தை ஒட்டித்தான் அறிய முடியும். செல் பிரிவின் போதும், இளச் செல்கள் உண்டாகும் போதும் அவைகள் எவ்வாறு பழகுகின்றன (behaviour) என்பதைப் பொருத்தே இம்மாதிரிப் பரம்பரைகளைக் கூறமுடியும்.

பெயரிடல் (Terminology) : செல்லின் பரம்பரைப் பொருள்களை குரோமோசோம்கள் வழி, குரோமோசோம்களற்ற வழி என்று பிரிப்பதற்கு தக்கவாறு பெயரிட வேண்டும். அண்மையில் கீழ்கண்ட பெயர்களை பீட்டர் மைக்கேலிஸ், டோனல்ட் எஃப் ஜோன்ஸ் (Peter Michaelis and Donald F. Jones) என்ற இருவர் நியமித்துள்ளனர்.

பெயர்கள்	சரி சமச்சொல் (Equivalents)
பிளாஸ்மான் (Plasmon)	குரோமோசோமின் ஜீனேமிற்கு (genome) சமமான சொல் பிளாஸ்மான் அதாவது குரோமோசோம்களின் பங்கு பெறு பரம்பரைப் பொருள் அனைத்தையும் குறிக்கும்.
ஹெட்டிரோ பிளாஸ்-மான் (Heteroplasmon)	ஒவ்வா கரு முட்டைக்குச் சமம். (Equivalent to heterozygote)
ஹோமோ பிளாஸ்மான் (Homoplasmon)	ஒத்த கரு முட்டைக்குச் சமம் (Equivalent to homozygote)
பிளாஸ்மா ஜீன் (Plasmagene)	பிளாஸ்மாவின் மிகச்சிறியப் பரம்பரை யூனிட் [அலகு=unit]; ஜீனுக்குச் சமம். இது கீழ்கண்டவாறு துணை யூனிட்டுகளாகப் (sub-unit) பிரிக்கப் பட்டுள்ளது.

அ. பிளாஸ்டோ ஜீன்கள் (Plastogenes)

பிளாஸ்டிட்களிலிருந்து உற்பத்தியாகி வழி வழி வரும் பிளாஸ்மா ஜீன்களைக் குறிக்கிறது. பெற்றோர்களின் பிளாஸ்டிட்கள் போல் வழித் தோன்றிகளிலும் காண்பன.

ஆ. கைனெட்டோ ஜீன்கள்: (Kinetogenes)

கைனெட்டோசோம்களுடன் இணைந்து காணப்படுவன.

இ. காண்ட்ரியோ ஜீன்கள் (Chondriogenes)

மைட்டோகாண்ட்ரியாவுடன் இணைந்து காணப்படுவன.

செல்லில் காணப்படும் குரோமோசோம்களற்ற ஆக்கக் கூறுகளை கண்டறிவதற்குரிய கட்டளை விதிகள் (Criteria)

இப்பொருட்கள் பரம்பரைக் குணங்களை கடத்திச் செல்கின்றன என்பதற்குப் பலவகையில் திருப்திப்படுத்த வேண்டும். செல் குணங்களில் சிலவற்றையாவாது நிர்ணயிக்க வேண்டும். அவைகள் இரட்டிக்கும் தன்மையுடையனவாகவும் இருத்தல் வேண்டும். மேலும் அவைகள் இழக்கப்பட்டால் குரோமோசோம் பொருட்களால் உற்பத்தி செய்ய முடியாதனவாகவும் இருக்க வேண்டும். செல் பிரிவின் போது சேய் செல்களில் பரந்து காணப்படவேண்டும்.

குரோமோசோம்களற்ற செல் பொருட்களில் இரு வகைகள் உண்டு. 1. இழை உற்பத்தி செய்வன (fibre producers). 2. வளர்சிதை மாற்றத்தை கட்டுப்படுத்துவன (controllers of metabolism).

இழை உற்பத்திசெய்வன:. சென்ட்ரோ சோம்கள் (centrosomes) இவ்வகையைச் சேர்ந்தன. கீழ் மட்டத் தாவரங்களிலும் விலங்குகளிலும் இவைகள் காணப்படும்.

2. **அடிப்படைத்துகள்கள்** (Basal granules) அல்லது பிளிஃபிரோ பிளாஸ்ட்கள் (blepharoblasts). இவைகள் தனித்து மிதக்கும் உயிரிகளில் காணப்படுவன.

வளர்சிதை மாற்றத்தைக் கட்டுப்படுத்துவன

(1) மைட்டோகாண்ட்ரியா (mitachondria).

(2) பிளாஸ்டிட்கள் (plastids)

மரபியல் தொடர்ச்சி (Genetic Continuity)

செல்லியல்படி இவ்வகைப் பொருட்கள், வழிவழி வருகின்றன என்பதை நிரூபிக்க முடிந்தாலும், மரபியற் பொருட்களை தொடர்ந்து கடத்திச் செல்கின்றன என்பதற்குத்தக்க ஆதாரங்கள் அதிகமில்லை. இதைக்கண்டு கொள்ள முதல்தேவையாதெனில் புறத்தோற்றத்தை மாற்றும் மியூட்டேஷனாகும். இம்மாற்றம் வழிவழியாகத் தோன்றவேண்டும். இதை விவரிப்பதில், செல்லியல் சம்பந்தப்பட்ட ஒரு சிக்கலான சேர்க்கையும் வளர்ப்பு சோதனையும் (experimental breeding) ஈடுபட்டுள்ளன.

பாரமீசியத்தில் காணப்படும் சில பொருட்கள் இம்மாதிரியான குரோமோசோம்களற்ற முறையில், பரம்பரையில் கடத்திச் செல்லப்படுவது தெரிந்ததே. இதன் கார்ட்டெக்ஸ் அல்லது புறணியில் (cortex) காணப்படும். கைனெட்டோசோம்கள் (kinetosomes) மரபியல் தொடர்ச்சியுடையனவாகும். சில காளான்களின் (fungi) மியூட்டண்ட் வகைகளில் கண்டறிந்தவற்றிலிருந்து மைட்டோகாண்ட்ரியாவும் மரபியல் தொடர்ச்சியுடையன என்று கருதப்படுகிறது.

தாவரங்களின் சைட்டோபிளாசத்தில் பிளாஸடிட்கள் (plastids) என்ற உறுப்புகள் காணப்படுகின்றன. இவைகளில் சில குளோரோபிளாஸ்ட்களாகும் (chloroplastids). பச்சையாக உள்ளவைகளில் குளோரோபில் அல்லது பச்சையம் (chlorophyll) இருக்கிறது. வெளிராக அல்லது நிறமற்றவைகளில் கார்போஹைட்ரேட் சேமித்து வைக்கப்படுகிறது. இவைகளுக்கு லூக்கோபிளாஸ்டிட்கள் (leucoplastids) என்று பெயர். தாவரங்கள் இனவிருத்தி செய்வதற்கு முன் சில பிளாஸ்டிட்கள் முட்டையினுள் சென்று விடுகின்றன. ஆனால் மகரந்தத்தில் அவ்வாறு செல்வதில்லை. இம்மாதிரி நிகழ்வதால் பிளாஸ்ட்டிட்களை அச்செடிகளின் பெண் பகுதிகளின் மூலம் இளங்கன்றுகள் பெறுகின்றன. ஆகவே பிளாஸ்டிட்டில் மியூட்டேஷன் ஏற்பட்டால். அப்பெண் சந்ததியிலிருந்துதான் பெருகிறதேயன்றி ஆண்களிடமிருந்து அல்ல.

இதற்கு எடுத்துக்காட்டாக முதன்முதலில் காரன்ஸ் (C. Correns) என்பவர் மிராபிலிஸ் ஜலப்பா (Mirabilis Jalapa செடியில் கண்டதைக் கூறலாம். அச்செடியில் பல பச்சை-வெள்ளை நிறமுடைய பகுதிகள் வழிவழியாக வந்தன. மகரந்தம் உண்டாகும் பகுதியைத் தவிர மற்றவைகள், வெள்ளைப் பகுதியிலுள்ள வெள்ளை பூக்கள் வெள்ளைச் சந்ததியையும், பச்சைப்பகுதி பச்சை சந்ததியையும் உண்டாக்கின. இரண்டும் மற்றப்பகுதி அதாவது வெவ்வேறான கிளைகள், கலப்பு சந்ததியையும் பச்சை, வெள்ளை, கலப்பு என்ற விதைகளை பலவிகிதத்தில் அளித்தன.

மிக எளிமையானதும், எல்லோராலும் வரவேற்கப்பட்டதுமான இதற்குரிய விளக்கம் பேயார் (E, Baur) என்பவர் அளித்ததே. இப்பல்வண்ணத் தாவரத்தில் சாதாரண (normal) மியூட்டண்ட (mutant) என்ற இருவகை பிளாஸ்டிட்கள் உள்ளன. சூலகத்தில் (ovule) இருவகைப் பிளாஸ்டிட்கள் இருந்தாலும் செல் பிரிவில் அவைகள் பெருகிப் பிரிந்தொதுங்குப்

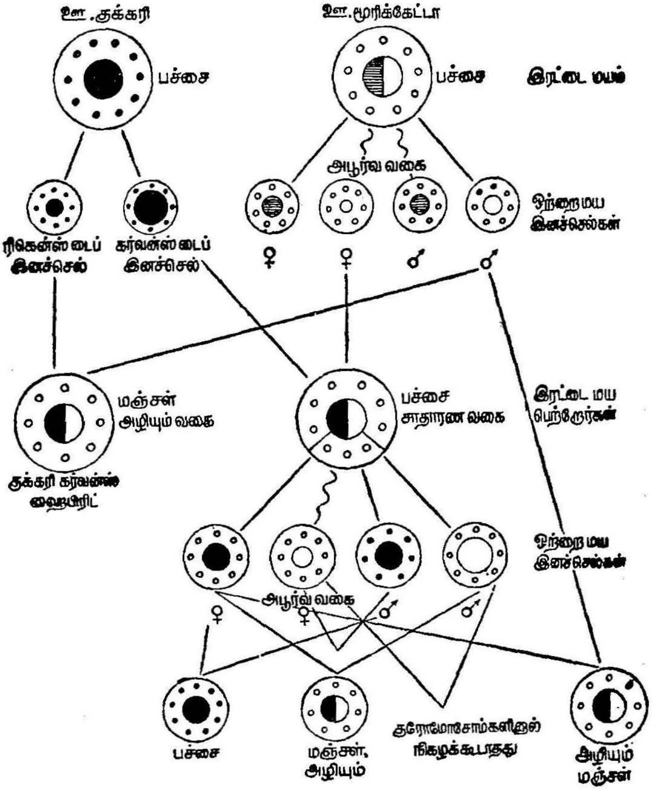
போது சில செல்களில், மியூட்டண்ட் பிளாஸ்டிட்களும் மற்றவை களில், சாதாரண பிளாஸ்டிட்களும், சிலவற்றில் கலப்பு பிளாஸ்டிட்களும் உண்டாகின்றன. இதனுல் அச்செடியில் முறையே வெள்ளை, பச்சை, கலப்பு என்ற மூன்றுவகைகள் கிடைக் கின்றன. இதை ஒத்துக்கொள்ள கிடைத்துள்ள ஒரே காரணம் யாதெனில், ஒரே செடியில், சாதாரணமானதும், மியூட்டண்ட் வகையுமுடைய பிளாஸ்டிட்கள் இருப்பதே, இம்மாதிரியான கலப்பு செல்கள் ஸ்பைரோகைரா டிரைபார்மிஸ். (Spirogyra Triformis), நெபீடா கேட்டேரியா (Nepeta Cataria), போன்ற வைகளிலும் காணப்படுகின்றன.

பேயர் கூறியதின் விளக்கம் ஒத்துக்கொள்ளக்கூடியது போன்றிருந்தாலும், காரன்ஸ் கூறிய கலப்பு செல்களின் விளக் கமே சிறந்தது. அதனுல் காரன்ஸ் இதற்கு மற்ருெரு விளக்கமும் தந்துள்ளார். பிளாஸ்டிட் மாற்றங்கள் சைட்டோபிளாசத்தின் மூலம் வழிவழி வரும்படியான இரண்டாம் செயலை உண்டாக்கு கிறது. அச்செயல் பிளாஸ்டிடை தோன்றவைக்கவோ, மறைய வைக்கவோ செய்வதாகும். இதனுல் பிளாஸ்டிட்கள் மூலமல் லாமல், குரோமோசோம்களற்ற மற்ருென்றினுல் (extra chromosomal entity) மரபியல் தொடர்ச்சி நிகழ்கிறது என்று கூறுகிருர்.

பீட்டர் மைக்கேலிஸ் (Peter Michaelis) என்பவர் சுமார் 172 எப்பிலோபிய (epilobium) மியூட்டண்ட் வகைகளில் சர்வே (survey) செய்தார். அவைகளின் 50ல், கலப்பு செல்களுக்கும், 30ல் கலப்பற்ற செல்களுக்கும், மற்ற 92ல், கலப்பை நிர்ணயிக்க முடியாத செல்களும் இருந்தன. இக்கடைசி வகை செல்களின் பிளாஸ்டிட்களில் சாதாரணவற்றிற்கும் மியூட்டண்ட் வகைக்கும் உள்ள வேறுபாடுகள் மிகக் குறைவே.

பிளாஸ்டிட்களின் மரபியல் தொடர்ச்சிக்கு மற்ருெரு விளக்கம், வேறு வகை ஆராய்ச்சியின் மூலம், அளிக்கப் பட்டுள்ளது. ஊனேதீரா என்ற அந்திமந்தாரைச் (Oenothera) செடியில் பல இனக் கலப்பு சேர்க்கைகள் மூலம், இது நிர்ணயிக்கப் பட்டது. இச்சர்வேயை ரென்னர் (O. Renner) என்பவர் தொடங்கினுர். இதை ஸ்டப்பி (W. Stubbe), ஸ்டென்சன் (H. T. Stenson கிளீலண்ட் (R. E. Cleland) என்பவர்கள் தொடர்ந்து ஆராய்ந்தனர்.

இதற்குரிய எடுத்துக்காட்டு கீழே தரப்பட்டுள்ளது. ஊனோதீரா செடியில் இரு இனங்களை அவர்கள் எடுத்துக் கொண்டனர். ஒன்று ஊ. மூரிகேட்டா (O. Muricata) மற்றொன்று ஊ. குக்கரி (O. Hookeri) ஆகும். முதல் இனம், ஒரு சிக்கலான. நிலையான, ஒவ்வா கருமுட்டையைக் கொண்டது. இதிலிருந்து கர்வன்ஸ் (Curvens), ரிகென்ஸ் (Rigens) என்ற இரு



படம் 118

ஊனோதீராவில், குரோமோசோம் பங்குபெரு பரம்பரை.

வகை இனச் செல்கள் உண்டாகும். அநேகமாக எல்லா ஆண் இனச் செல்களும், கர்வன்ஸ் வகைகளாகவும் பெண் இனச் செல்கள் ரீகென்ஸ் வகைகளாகவும் இருக்கும். இதன் குக்கரியுடன் கலப்பு (reciprocal crosses) குக்கரி ஹைபிரிட் ஜீன் காம்ப்லக்ஸ் அல்லது ஜீனேமை உண்டாக்குகிறது. இதற்கு குக்கரி-கர்வென்ஸ் (Hookeri Curvens) என்று பெயர். இவைகளின், தோற்றவழி யமைப்பையும், சேய்ப்பெருக்கப் பழங்களையும் ஆராய்வோம். குக்கரி-கர்வென்ஸ் ஹைபிரிடிற்கு ஊ. குக்கரி தாயாக இருந்தால், அது மஞ்சளாக இருக்கும். சீக்கிரத்தில் இறந்தும் விடும். ஆனால் அந்த ஹைபிரிடிற்கு ஊ. மூரிகேட்டா தாயாக இருந்தால் அது பச்சையாக இருப்பதுடன் சாதாரணமாக (normal) இருக்கும். பின்னதிற்கு கலப்பின் மஞ்சட் பகுதியும் (yellow sector) உண்டாகலாம்.

தாய்ச்செடி, ஹைபிரிடுக்கு வேண்டிய பிளாஸ்டிட்களைக் கொடுக்கிறது என்றும் விளக்கம் கொடுக்கலாம். அதாவது ஊ. குக்கரி அளிக்கும் பிளாஸ்டிட்கள், குக்கரி-கர்வென்ஸ் ஜீனேமுடன் வேலை செய்யாமலும், ஊ. மூரி கேட்டாவுடன் வேலை செய்வதாகவும் கூறலாம். இதன்படி மஞ்சள் பகுதியை உண்டாக்கும் அசாதாரண பிளாஸ்டிட் மகரந்தத்தைக் கொண்டுள்ள ஊ. குக்கரி மூலம் பெற்றிருக்க வேண்டும் என்று தெரிகிறது. இவ்விளக்கம் நன்கு சோதிக்கப்பட்டு உண்மை என்றும் நிரூபிக்கப்பட்டுள்ளது.

இதனால் மரபியல் தொடர்ச்சியுடைய பேயன் விளக்கம் ஒத்துக் கொள்ளப்பட்டு, மற்றது புறக்கணிக்கப்பட்டுள்ளது. இருப்பினும், பிளாஸ்டிடின் தோற்ற வழியமைப்பின் குரோமோசோமற்ற கட்டுப்பாட்டை (extrachromosomal control) பூராவும் ஒதுக்கிவிட முடியாது. தனித்தனி உள்ளுறுப்புகளின் ஒருமைப்பாட்டினால் ஏற்படும் தோற்ற வழியமைப்பிற்கு, பல்வேறு கட்டுப்பாடுகள் ஒருங்கிணைந்து (multiple control) இருக்கக் கூடும். அதுவேதான் செல் ஆகும்.

பரிவர்த்தன (கொண்டு கொடுப்பு) வேறுபாடுகள் (Reciprocal differences)

குரோமோசோம் வழிவழிப் பரம்பரையில், அதாவது குரோமோசோமின் ஜீன்களில் மட்டும் வேறுபடும் மரபுக்கால் வழிகளை (strains) கொண்டு கொடுப்புப்புணர்ச்சி செய்யச் செய்தால், தோற்ற வழியமைப்பில் ஒன்றான சந்ததிகள் கிடைக்

கின்றன. இப்புணர்ச்சியில் ஆண் பெண் இனச்செல்களின் தோற்றம் மாறியமைந்துள்ளதாக (reversed) இருக்கவேண்டும். இதன் வழித்தோன்றிகள், தான் ஆரம்பத்தில் மாறியமைந்த முறையிலிருந்து பெரிதும் பாதிக்கப்படுவதில்லை: ஆனால், பால் முறை இணைப்பிலும் (sex linkage) சாதகமான பிரிதலிலும் (preferential segregation) இதற்கு விதிவிலக்காகும். இவ்விரண்டையும், ஒதுக்கிவிட்டால் பரிவர்த்தனை வேறுபாடுகள் யாவும் குரோமோசோம்களற்ற பரம்பரையைத்தான் குறிக்கின்றன. மியூட்டேஷனில் தாய்வழிபங்களிப்பு (maternal contribution). தோற்ற வழியமைப்பில் வேறுபாடுகளை உண்டு பண்ணுவதுமுண்டு. ஆனால் இவைகள் நிலையானதல்ல. இடையில் தோன்றுவனவே. இவ்வேறுபாடுகள் மறையாமல் வழிவழியாகத் தோன்றினால் அவைகளையே குரோமோசோம்களற்ற பரம்பரையியலுக்கு அளவைக்கட்டளையாகக் (criterion) கொள்ளலாம்.

இம்மாதிரியான பரிவர்த்தன வேறுபாடுகள் தொடர்ந்து நிகழ வேண்டுமானால், சைட்டோபிளாசத்திலிருந்து பிறந்த பிளாஸ்மா ஜீன்களின் பங்கு சமமுற்று, காணப்பட வேண்டும். அவ்வாறு சமமற்று காணப்பட்டால் அதில் பெண் இனச்செல்லின் பங்களிப்பு ஆண் இனச் செல்லைவிட அதிகமாக இருத்தல் வேண்டும் இதன் முடிவு தாய்வழி பரம்பரையாக இருந்தாலும், தந்தைவழி பரம்பரையின் வழி வழியை ஒதுக்கி விடமுடியாது.

பரிவர்த்தளப் புணர்ச்சிகளினால் ஏற்படும் குரோமோசோம்கள் பங்கு பெறு பரம்பரை வழிக்கு காரணமாகக் குறிப்பிடப் படுவதும், பரிவர்த்தனச் சேர்க்கையின் உறுதியான வேறுபாடுகள் தாவரங்களிலும், விலங்குகளிலும் காணப்படுகின்றன அவைகளாவன:

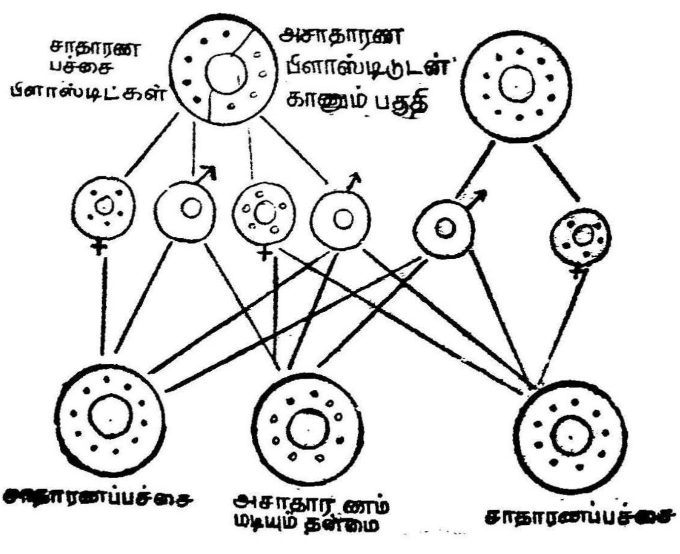
1. தாய் வழிவழியில் (maternal inheritance) உண்டாவதின் தரத்தில் ஏற்படும் வேறுபாடு.

2. பரிவர்த்தனச் சேர்க்கை ஒரே போக்கில் மட்டும் நிகழ்ந்து (மறுபோக்கிலில்லாமல்) ஒரு புதிய தோற்ற வழியமைப்பைத் தோற்றுவித்தலில் ஏற்படும் வேறுபாடு.

(அ) பிளாஸ்டிட் வேறுபாடுகள் (Plastid differences)

சாதாரண தாவரங்கள் அல்லது பல்வேறு தாவரங்களின் சாதாரண கிளைகள், அசாதாரண பிளாஸ்டிட்களைக் கொண்ட

கிளைகளுடன் பரிவர்த்தனை சேர்க்கை (reciprocal crosses) நிகழ்ந்தால், அத்தாய்வழி நிர்ணயச் சந்ததிகள் தான் நிலைக்கும். உதாரணம் : மிராபிலிஸ் ஜலப்பா (Mirabilis Jalapa), பிரிமுலா சைரன்சிஸ் (Primula Sirensis), ஜியாமேஸ் (Zea mays), ஆண்டிரீனம் (Antirrhinum). ஆண் செடியின் தோற்ற வழியமைப்பு எவ்வாறிருந்தாலும் சாதாரண தாய்ச் செடி சாதாரண சந்ததியையும், தான் கொடுக்கிறது. இதனல் தாய் மூலம் பிளாஸ்டோஜீன்கள் செலுத்துவதை ஊகிக்க முடிகிறது(படம் 119). ஆனல் சில



படம் 119.

பிளாஸ்டிட்கள் பரம்பரையில் தோ?றுதல்.

இனங்களில் (species) (உ. ம்.) எப்பிலோலியம் (epiloleium) மேலினங்களில் (genus) காண்பது போல, தாய் வழிச்செலுத்துதல் (maternal transmission) பூர்த்தியாக இருப்பதில்லை. பீட்டர் மைக்கேலிஸ் (Peter Michaeils), என்பவர் பெண்ணுடன் சாதாரண ஆண் பிளாஸ்டிட்களையும், ஆணுடன் அசாதாரண பிளாஸ்டிட்களையும் சேர்த்துப் பார்த்ததில் ஒவ்வொரு 1000க்கும் 3 சந்ததிகள் வீதம் அசாதாரண பிளாஸ்டிட் பகுதிகள் (sector) இருப்பதாகக் கண்டார். அதன் நிர்ணயிகள் (detetminants) அநேகமாக ஆண் இனச் செல்கள் மூலம் கொண்டு வரப்பட்டிருக்க

வேண்டும். ஊனேதிரா இனத்திலும் இம்மாதிரி நிலை காணப்பட்டது. நெப்பீட்டா கேட்டேரியா (Nepeta Cataria) பீட்டர் கோனியம் சோமேல் (Petergonium Zomale) என்றவைகளிலும் உயர்மட்ட ஆண் வழிச் செலுத்துதல் காணப்பட்டது குறிப்பிடத்தக்கதாகும்.

அவ்வாறே பூக்கும் தாவரங்களிலும் இவ்வித நிர்ணயிகள் தாய்வழிச் செலுத்துதல், தந்தை வழிச் செலுத்துதல்களுக்கு எடுத்துக்காட்டாகக் கூறலாம். இந்நிர்ணயிகள் தான் பிளாஸ்டிட்களின் தோற்ற வழியமைப்பைக் கட்டுப்படுத்துகிறது. பரிவர்த்தனச் சேர்க்கைகளுக்கிடையே காணும் நிரந்தர வேறுபாடுகள் சைட்டோபிளாசப் பரம்பரையின் எடுத்துக்காட்டுகளின் பொதுக் குணங்களாக இருந்தாலும், தாய் வழிச் செலுத்துதல் தான் ஒரே முறை என்பதல்ல.

ஆ. ஜியாமேஸின் ஆண் மலட்டுத்தன்மை (Male Sterility)

நிரந்தமாக தந்தை வழிச் செலுத்துதலாகத் தெரிகிறது. இத்தன்மையை பிளாஸ்மா ஜீன்கள் கட்டுப்படுத்துகின்றன. இப்பிளாஸ்மா ஜீன்கள், பெண் இனச்செல்கள் மூலம் பரம்பரையில் செல்லுகின்றன.

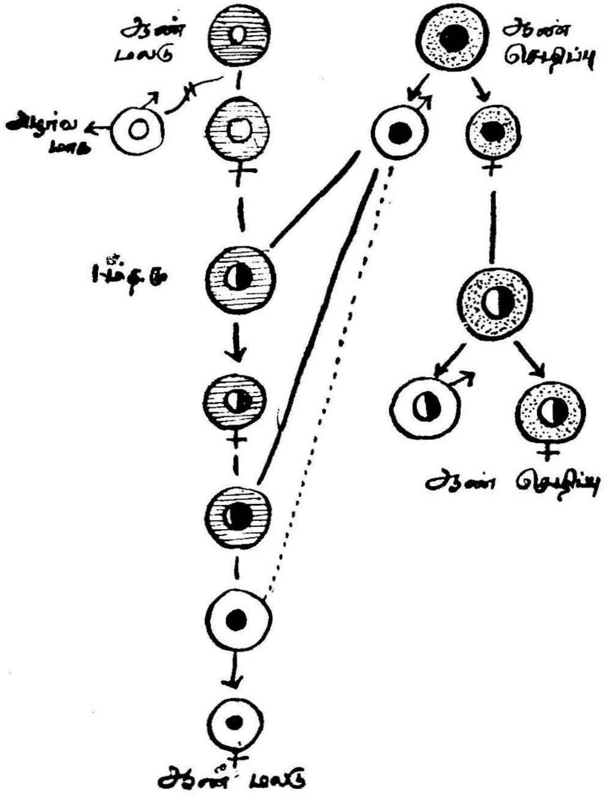
இ. நியூரோஸ்போராவில் தாய் வழிச் செலுத்துதல் (Maternal Inheritance in Neurospora)

இந்த காளானில் A, a என்ற இரு வகைகள் உண்டு. (உ-ம்) நி. கிரேசா (N. Crassa) இதில் பரிவர்த்தனச் சேர்க்கையும் நிகழும். ஏனெனில் ஒன்று தாய் இனமாகவும் (protoperithical parent) மற்றொன்று தந்தை இனமாகவும் (conidial parent) பழகுகின்றன. மூன்று வெவ்வேறு mi வரிசைகளை சாதாரண காலனிகளுடன் கலப்புச் சேர்க்கை செய்த போது தோற்ற வழி அமைப்பு சந்ததிகள் தாய் இனப் பெற்றோர்களைப் (protoperithical parent) போன்று இருந்ததாக, ஹெர்ச்சல் கே. மிட்சலும், மேரி பி. மிட்சலும் (Herschel K. Michel and Mary B. Mitchell) கூறுகின்றன.

(ஈ) கிளாமிடோமோனஸில் ஒரு பெற்றோர் மூலம் வழி வழிவருதல் (Uniparental Transmission in Clamydomonas)

ஒரு பெற்றோர் மூலம் செல்லும், குரோமோசோம் பங்குபெரு. பரம்பரைப் பொருட்கள் அச்சந்ததிக்கு சமமற்றதாகவும் காணத்தக்கதொன்றாகவும் இருக்க வேண்டுமென்பதில்லை. ரூத் சாகர்

(Ruth Sagar) இதை நன்கு தெளிவுபடுத்தியுள்ளார். கிளாமி டோமோனஸ் ரெயின் ஹார்டி (Clamydomonas Reinherdi) என்ற பச்சைப்பாசியில் அவர் செய்த சோதனை இதை விளக்குகிறது. இதில் இரு இனச்சேர்க்கை வகைகள் இருக்கின்றன. mt+, mt−



படம் 120.

ஜியோமேஸில் ஆண்மலட்டுத்தன்மையின் பரம்பரை.

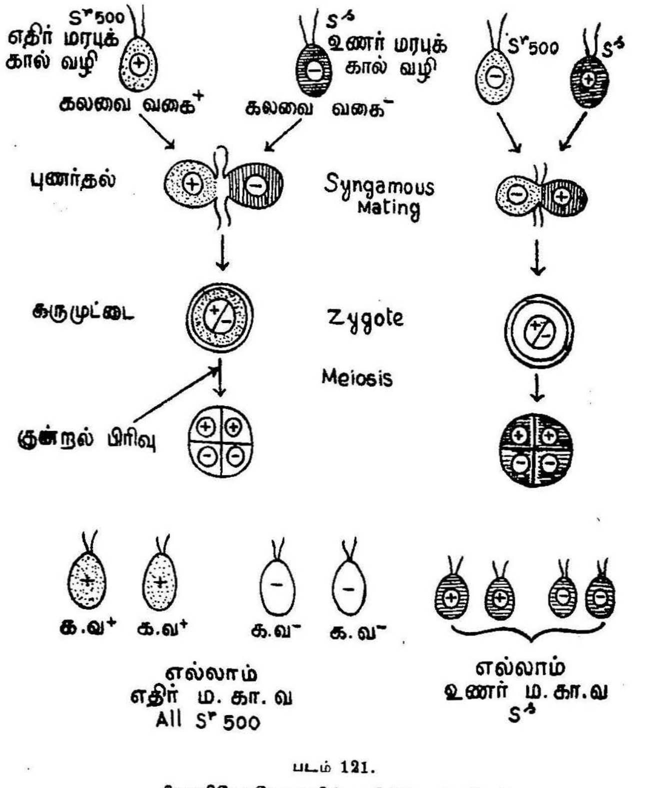
என்று அவைகளுக்குப் பெயர். இவைகள் எதிர்சோடியுடன் (opposite group) தான் இணையும் என்பதைத் தவிர இவைகளை எளிதில் கண்டு கொள்ளக் கூடிய மற்ற குணங்களில்லை. இவ்வுயிரிகளில் காணப்படும், குரோமோசோம்களின் ஜீன் வேறுபாடுகள் சாதா

ரண முறையில் பிரிந்து விடுகின்றன (segregate). ஸ்ட்ரெப்டோமைசின் எதிர்ப்பு வகையும் (streptomycin resistance) அவ்வாறே பிரிகின்றன. ஆனால் ஸ்ட்ரெப்டோமைசின் சார்ந்துள்ள வகை (streptomycin dependence) அவ்வாறு சாதாரணமாகப் பிரிவதில்லை. உதாரணமாக ஒரு மரபுக்கால் வழி (strain) ஒவ்வொரு மி. லி. ஸ்ட்ரெப்டோமைசினின் 500μ கிராமில் தடுப்பு வகையாக இருக்கிறது. பரிவர்த்தனப் புணர்ச்சி வகையை (mating type) உணர் மரபுக்கால் வழியுடன் (wild type sensitive strain) கலவை செய்யும் போது mt+ எதிர் வகைப் பெற்றோர்களாக இருந்தால் அவைகள் எதிர் மரபுக்கால் வழிச் சந்திகளைத் தருகின்றன. mt− எதிர்வகை பெற்றோர்களாக இருந்தால் உணர் சந்ததிகளையேத் தருகின்றன. இவ்விரண்டு கலவையிலும் எதிர்வகைச் சந்ததிகளும் மியூட்டேஷன் மூலம் நிகழவும் கூடும். இக்கலப்பில் வேறுபட்ட ஜீன்களினால் ஆளப்படும் வேறுபாடுகள் ஒவ்வொரு கரு முட்டை சந்ததியில், 2:2 என்ற விகிதத்தில் பிரிகின்றன. இதனால் இவ்விரு எதிர் உணர் மரபுக்கால் வழிகளும் பெற்றோர்களின் குரோமோசோம்கள் பங்குபெறுப் பொருட்கள் (extra chromosomal materials) கட்டுப்படுத்துகின்றன என்று தெரிகிறது. அக்கருமுட்டைக்கு இப் பெற்றோர்களும் பங்களிக்கின்றன வென்றும் தெரிகிறது. ஆனால் சில தெளிவு பெறுக் காரணத்தினால் mt பெற்றோர்களின் பங்களிப்பு மட்டும் குரோமோசோம்கள் பங்குபெறு சந்ததிகளில் ஒருங்கிணைந்து காணப்படுகிறது. இவ்வோர் பெற்றோர் அளிப்பு மாற்றத்திற்கு எவ்வித அடிப்படை இயற்பொருளும் (physical basis) இல்லை. இவ்விரு பால்களிலும் சமமற்ற இனச்செல்கள்தான் இம்மாற்றத்திற்கு முன்தேவை என்றோ (pre-requisite) அல்லது சம இனச் செல்கள் தான் இக்குரோமோசோம் பங்குபெறு பரம்பரைக்கு காரணமென்றோ கொள்ள வேண்டியதில்லை படம் 121 இதை தெளிவாக்குகிறது.

எ. பாரமீசியத்தில் தாய் வழிப் பரம்பரை (Maternal Inheritance in Paramoecium)

பாரமீசியத்திலும் மேற்கூறிய கலவிகள் மூலம் குரோமோசோம் பங்குபெறு பரம்பரையைக் காணலாம்(படங்கள் 122, 123). முன் கூறியது போல் பல பாரமீசியங்களில் கப்பாப் பொருட்கள் (kappa particles) இரா என்றும் கருதுகிறார்கள். மேலும் சில நுண்ணுயிரிகளிலும் தாவரங்களிலும் இக்கொல்லிகள் (killers) இல்லாமலும் இருக்கும். ஆகையால், குரோமோசோம்களில் காணும் ஜீன்களை ஒப்புமையாகக் கூறமுடியாது. அவ்வாறே மியூ (mu) என்ற மியூட்டாகான்களையும் (mutagon) கருதுகிறார்கள். கப்பாவையும்,

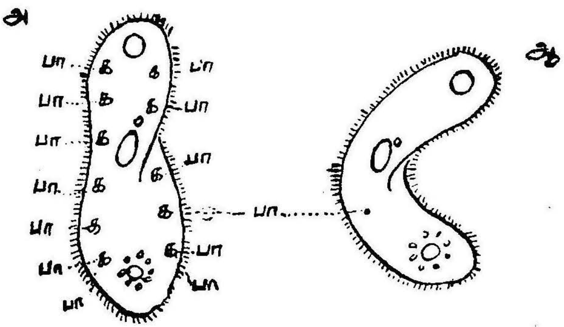
மியூவையும் ஒதுக்கிவிட்டால், வேறு எவ்வாறு சைட்டோ பிளாசப் பரம்பரையைக் கண்டு கொள்ள முடியும்? அண்மையில் எடின்பரோவைச் சேர்ந்த கிப்சன் (I. Gibson) என்பவரும் பீலும் (G. H. Beale) இதற்கு புதியதொரு விளக்கம் தந்துள்ளனர்.



படம் 121.

கிளாமிடோமோனஸில் வழித்தோன்றல்கள்.

மியூ (mu) பொருட்களும். கப்பாப் பொருட்களும், சைட்டோ பிளாசத்தில் காணப்படுவதுடன் மெட்டாகான்களும் (metagons) இருக்கின்றன என்றும் கூறினர். மியூ (mu) பொருட்களைப் பராமரிக்க சில ஜீன்கள் (M-என்று கூறுவோம்) அந்த நியூக்ளியசில் இருக்கவேண்டும். இந்த ஜீன்கள் 8 முதல் 15



படம் 122.

பாரமீசியம் ஆர்லியா.

க. கப்பா பொருள்கள்.

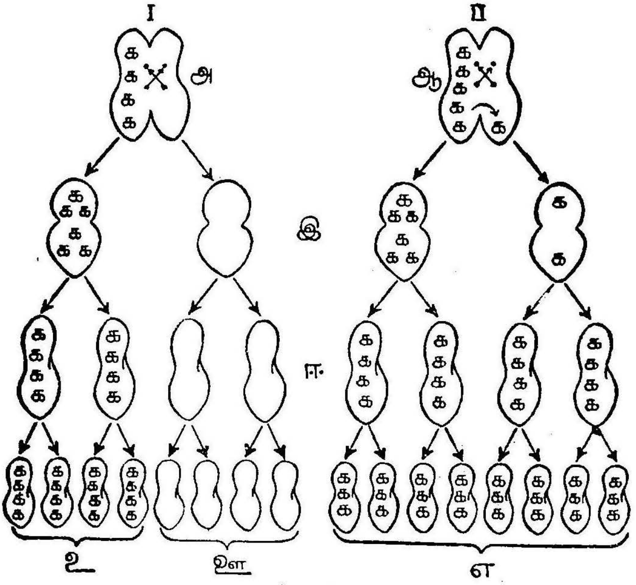
பா. பாரமிசின்.

அ. கொல்லி பாரமீசியத்தின் சைட்டோபிளாசத்திலுள்ள கப்பா பொருள்கள் சுரக்கும் பாரமீசின் சுற்றியுள்ள நீரில் கலந்துவிடுகின்றது.

ஆ. கொல்லி கூருணர் பாரமீசியம் கப்பா இல்லாததினால் அந்த நீர் பட்டதும் இறந்துவிடுகின்றது.

வரையிலுள்ள செல் பிரிவுகளில் நீக்கப்பட்டால் ஒரு சேய் பாரமீசியத்தில் காணவும் மற்றொன்றில் நீங்கவும் செய்யும் இதையே படம் 124 விளக்குகிறது.

இம்மாதிரி M ஜீன்களைப்போல் பல ஆயிரக்கணக்கான ஜீன் வகைகள் நியூக்ளியசில் இருக்கின்றனவென்றும் (M_1, M_2, M_1 etc, அவைகள் இழக்கப்பட்டால் மேற்கொண்டு மெட்டாகான்கள் உண்டாகா என்பதே இங்கு முக்கியமாக குறிப்பிடத்தக்க தொன்றாகும். எஞ்சியுள்ள மெட்டாகான்கள், நம்பிரிவு வரை சேய் செல்களில் பங்கிடப்பட்டுள்ளன. பல செல்களில் இவைகள் காணப்படாமலும் இச்செல்களில் ஒன்றிரண்டு இருக்கும். ஒரு மெட்டாகான் மட்டுமிருந்தாலும், பல மியூ பொருட்களை பராமரிக்கமுடியும். ஆகவே, மெட்டாகான் ஜீன்களினால் துவக்கப்பட்ட தொடர்ச்செயலில் இடைஇணைவுகளாகப் பயன் படுவதுடன், மியூபொருட்களைப் பராமரிக்கும் அமைப்புப் பொருள்களாகவும் இருக்கின்றன.

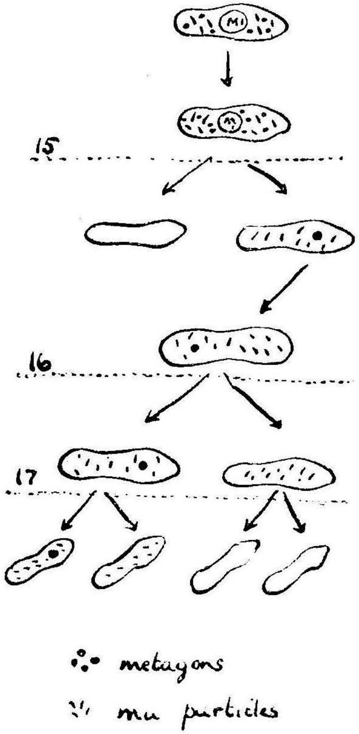


பടம் 123.

சைட்டோபிளாசத்தின் மூலம் மரபு வழியடைதல்: பாரமீசியம்.

1 சாதாரண இணைவு முறை.
2. அபூர்வ இணைவு முறை: சைட்டோபிளாசமும் பரிமாறிக்கொள்ளல்.
அ. நியூக்ளியஸ்மட்டும் பரிமாறிக்கொள்ளல்.
ஆ. கூருணர்விகளினுள் சில கப்பா பொருள்கள் வந்தடைதல்.
இ. பிளவு முறை.
ஈ அதிகம் பிளவுறுதல்.
உ. எல்லாம் கொல்லிகள்.
ஊ எல்லாம் கூருணர்வுகள்.
எ எல்லாம் கொல்லிகள்.

மெட்டாகான்கள் பரம்பரையில் எவ்வாறு செல்கின்றன என்பதை செயற்கை முறையில் விளக்கலாம்(படம் 125). பாரமீசியமும் டைடீனியமும்) இதற்கு M_1, M_2, கொண்ட பாரமீசியங்களை டைடீனியம் உண்ணும்படி செய்யவேண்டும். இந்த ஜீன்கள் இல்லாமல் மெட்டாகான்கள் வழித்தோன்றாது என்றுகூறிய இந்தியானா பல்கலைக்கழகத்து கிப்சனும், சானிபாரனும் (I. Gibson and T. M. Sonneborn) தற்போது சில நிபந்தனை



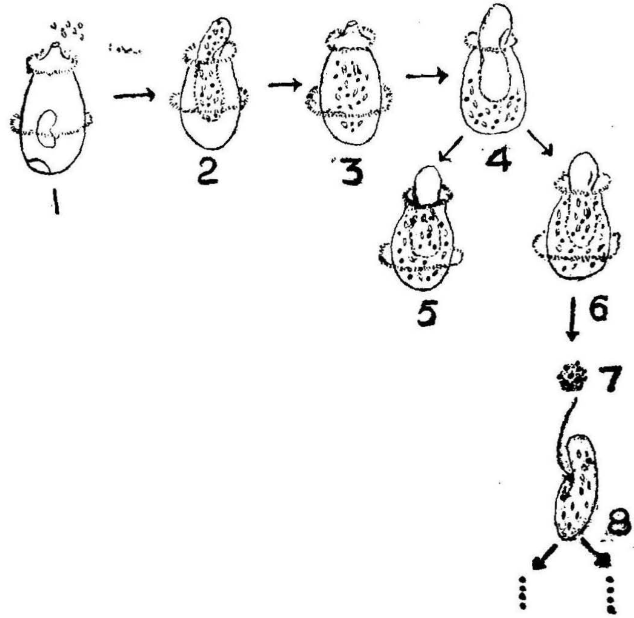
படம் 124.

பராமீசியத்தில் மெட்டாகான்களின் பரம்பரைகள்.

களில், அவைகள் எல்லையற்ற இனப் பெருக்கம் செய்கின்றன என்று கூறுகிறார்கள். இது இவ்வாறாக இருந்தால், மெட்டாகான்கள், சில வகை சைட்டோபிளாசமும் பரவும் பரம்பரையிலுக்கு அடிப்படையாக அமைகிறது.

ஏ. டைடீனியத்தில் மெட்டாகான்கள்

டைடீனியங்களுக்கு முக்கியமான உணவுப் பொருள்கள் ஓர் செல் பாரமீசியங்களாகும். பாரமீசியங்களைவிட மிகச் சிறியன



படம் 125.

மெட்டாகானகள் பரம்பரையின் செயற்கை முறை விளக்கம் — (பாரமீசியமும் டைடீனியமும்)

வாக டைடீனியங்கள் இருந்தாலும், அவைகளை அப்படியே விழுங்கி விடுகின்றன. அவைகளின் சைட்டோபிளாசத்தினுள் உள்ள மற்ற பொருட்களும் அப்படியே செரிக்கப்படுகின்றன. கப்பா, மியூ பொருட்களைச் செரிக்கச் செய்யாதபடி ஒரு சோதனை மூலம் கிப்சன் விளக்கினார். உதாரணமாக மியூ பொருட்களுடன் கூடிய ஒரு பாரமீசியம் துவக்கத்தில் உண்ணப்பட்டு அடுத்து அவ்வகைப் பொருட்களற்ற பாரமீசியம் உணவாகக் கொள்ள நேர்ந்தால், அந்த டைடீனியத்தில் மியூபொருட்கள் அப்படியே இருக்கின்றன. ஒரு நாளில் நான்கு அல்லது ஐந்து தடவை பிரியும் டைடீனியத்தில், மியூபொருட்களும் இச்சூழ்நிலையில் அவ்வாறே பிரிகின்றன.

ஆனுல் ஊன்றிய கவனத்துடன் செய்யப்பட்ட சில சோதனை களின் மூலம் டைடீனியங்கள், மெட்டாகான்களையும் சேர்த்து உண்டிருந்தால்தான் மியூபொருட்களையும் தங்க வைத்துக் கொள்ளுகின்றன என்று கண்டறிந்தனர். இதில் குறிப்பிடத் தக்க தென்னவென்ருல் துவக்கத்தில் உண்ணும் உணவு (initial feeding) ஒன்றே போதுமென்பதே. இம்முதலுணவிற்குப் பின், மெட்டாகான்களற்ற பாரமீசியங்களை உண்டாலும், மேலும், மேலும் அவைகளை தொடர்ந்து உண்டாக்குகின்றன. அதாவது டைடீனியாவினுள் சென்ற மெட்டாகான்கள் பிரிந்து பெருகுகின்றன என்பது தனிப் பாரமீசியத்தில் காணப்படாத ஒரு குணமாகும்.

டைடீனியாவிலிருந்து மெட்டாகான்களை பாரமீசியத்திற்கு மாற்ற பல சோதனைகள் செய்யப்பட்டன. பாரமீசியங்கள் இயற்கையாக டைடீனியங்களை உண்ணு. ஆனுல் அவர்கள் அவைகளை உண்ணவைக்கும் சோதனையில் வெற்றி பெற்ருலும், மெட்டாகான்கள் இருந்தால்தான் மெட்டாகான்கள் வளரும் என்று கண்டுகொண்டனர். மாற்றி உண்ண வைக்கும் சோதனை யில் மெட்டாகான்கள் இல்லாமற் போனுல் மெட்டாகான்கள் பெருகா. இதற்குரிய காரணத்தை மேலும் ஆராயும்போது மெட்டாகான்களில் ஆர்என்ஏ இருப்பதாகவும் கண்டனர். ரைபோ நியூக்ளியேஸ் என்ற என்சைமைப் பயன்படுத்தி ஆர்என் ஏவை அழித்தனர். ஆனுல் மெட்டாகான்கள் உடனே அழிந்து விட்டதேத் தவிர மியூபொருட்கள் அப்போது பாதிக்கப்பட வில்லை. அவ்வகையான பாரமீசியங்களுக்கு டைடீனியங்களின் சாறு உணவாக அளிக்கப்பட்டது. மற்ெருரு முறையில், மியூ பொருட்களும் சில ஒன்று அல்லது இரண்டு மெட்டாகான்கள் உள்ள பாரமீசியங்கள் பயன்படுத்தப்பட்டது. இப்போதும் மெட்டாகான்களின், எண்ணிக்கை கணக்கிடப்பட்டது. இரு முறை களிலும் டைடீனியத்தில் மெட்டாகான்கள் இருப்பதாகவே நிர்ணயிக்கப்பட்டன. இந்த டைடீனியங்களின் மூதாதை யோர்கள் மெட்டாகான்கள் கொண்ட பாரமீசியங்களை உண்ட வைகளே என்றும் அறுதியிடப்பட்டிருந்தது.

வேருெரு சூழ்நிலையில் (டைடீனியத்தில்) மெட்டாகான்கள் பெருகுவது என்பது வியப்பிற்குரிய சோதனைகளாகும். இன்னும் சில கூறுகளில் மெட்டாகான்கள், செல்லின் மெஸஞ்சர் ஆர்-என்ஏவை ஒத்திருக்கிறது. மெஸஞ்சர் ஆர்என்ஏ, நியூக்ளியசிலுள்ள ஜீனின் கோட் செயல்துறை கட்டளையை சைட்டோபிளாசத்தின்

ரைபோ சோமிற்கு எடுத்துச்செல்வது தொழிலாகும். ஆரம்பத்தில் எம்ஆர்என்ஏ நிலையற்றதாகவும் (unstable) பிரியும் தன்மையற்றனவாகவும் (incapable of division) கருதப்பட்டன. ஆனால் மெட்டாகான்கள் வியக்கத்தக்க நிலையில் நிலையானதாகவும், இரட்டிக்கும் தன்மையுடையனவாகவும் இருக்கின்றன.

மெட்டாகான் அடிப்படையில் பரம்பரையியல் (Metagon Based Heredity)

ஜீன்கள் மூலம் சைட்டோபிளாசத்தில் உண்டாகும் நிலையான பொருளாக மெட்டாகான்கள் இருந்தால் அந்த ஜீன்களின் தூண்டுதல் இல்லாதிருந்தால் அவைகள் வெகு காலம் நீடிக்காது. ஒரு செல்லில் ஆயிரம் மெட்டாகான்கள் இருந்தால்கூட, மேற்கொண்டு உற்பத்தியாவது நின்று விட்டால் அவைகளின் எண்ணிக்கை குறைந்து விடும். சுமார் பத்து செல் பிரிவுகளுக்குப் பின் ஒரு மெட்டாகான் தான் இருக்கும். அதற்குப் பிறகு இந்த ஒன்று கூட நிலைக்காது. ஆகையால் எல்லா செல்களிலும் இறுதியில் ஒன்று கூட இருக்காது. இதனால் குறுகிய காலத்தில் தாயிலிருந்து ஒரு சில மூலகக்கூறுகளே அவைகளைப் பெரும்நிலையில் உள்ளன. இதுவே மரபியலில் காணும் மிகக்குறுகிய தாய்வழிச் செயலாகும்.

புதியதொரு சூழ்நிலையில் மெட்டாகான்கள் ஜீன் சம்பந்தமில்லாமலே தனித்தும் பெருகும் நிலை ஏற்பட்டால் முற்றிலும் மாறுபட்ட நிலைமையை உண்டாகிறது. இதனால் சைட்டோபிளாசத்தின் மூலம் ஆளப்படும் நிரந்தரமான பரம்பரை உண்டாகிறது. இது ஓர் ஊகம் என்று கருதினாலும், இம்மாதிரியான பழக்கங்கள் நிகழ்கின்றன.

இம்மாதிரியான நிலையான மெட்டாகான்கள் சைட்டோபிளாசத்தில் காணப்படுவதாலும் அவைகள் இரட்டிப்பதும், ஆர்என்ஏ வைரசை நினைவுட்டுகிறது. இதனால் வைரஸ்கள் கூட இம்முறையில் தோன்றி இருக்கலாமென்றும் ஊகிக்க வேண்டி இருக்கிறது. (கேன்சர் தோன்றியது கூட இம்மாதிரி முறையில் இருக்கலாம் என்று ஊகித்தாலும், அதற்குரிய ஆதாரங்கள் இல்லை. மற்ற வைரஸ் நோய்களைக் கொண்டு இம்மாதிரியான மெட்டாகான் கோட்பாடுகள் மேலும் ஆராயும் நிலையில் இருக்கிறது.

3. மெண்டலியன் முறையற்ற பிரிதல் (Non - Mendelian Segregation)

குன்றல் பிரிவில் குரோமோசோம்களுக்கு ஏற்பட்டுள்ள **முடிவே ஜீன்கள்** மெண்டலின் விதிப்படி பிரிவதாகும். ஆனால்

உடற்செல்கள் அல்லது சொமாட்டிக் செல்கள் (somatic cells) பால் தன்மையற்ற (asexuel) அல்லது இனச்செல்கள் பங்குபெறு இனப்பெருக்க (vegetative) முறையில் பெருகும் போது மெண்டலின் விதிப்படி பிரிவதில்லை. ஆகையால் இந்நிகழ்ச்சி, குரோமோசோம்கள் பங்கு பெறுதவைகளிலிருந்து பிறந்த பிளாஸ்மா ஜீன்களின் பிரிவைக் குறிக்கிறது. ஆனால், சொமாட்டிக் பிரிதலுக்கு பலவகை அபூர்வ குரோமோசோமால் நுட்பங்கள் (chromosomal mechanisms) உள்ளன. ஆகையால், சொமாட்டிக் பிரிதலை குரோமோசோம்கள் பங்குபெறு ஏஜென்ஸிக்கு நேரடியாக குறிப்பிட முடியாது. சில குரோமோசோம் பங்குபெறு வேறுபாடுகள் சொமாட்டிக் பிரிதலின் குணமாக இருக்கிறது. இக்குணமே அதைக் கண்டு கொள்ளப்பயன்படுகிறது.

நெப்பீட்டா கேட்டேரியாவிலும், ஊனேத்தீராவிலும், சொமாட்டிக் பிரிதல் ஐயமின்றி நிகழ்கிறது. நேர்முகப் பிரிவின் போது பிளாஸ்ட்டிட்களின் தோற்ற வழியமைப்பை பிளாஸ்மா ஜீன்கள் அல்லது பிளாஸ்டோ ஜீன்கள் கட்டுப்படுத்துகின்றன என்பதற்கு தக்க ஆதாரங்கள் உள.

4. சொமாடிக் மறு இணைவு
(Somatic Recombination)

குரோமோசோம்கள் பங்குபெறு முறையில் பெற்ற வேறுபாடுகள் ஹெட்டிரோ கெரையானில் நிகழ்ந்தால் அது தனித் தொதுங்குவதில் அல்லது மறுசேர்க்கையில் (recombination) முடிகிறது. இதில், மறுசேர்க்கை என்பது ஹெட்டிரோ கெரையானின் பகுதிகளைப் பிரித்துக் காட்டுதலாகும். ஹெட்டிரோ கெரையான் சோதனையை ஆஸ்பர் ஜில்லியில் (aspergilli) ஆர்லெட்டியும் ஜீன்க்ஸும் (Arlette, C. F. and Jinks), S. செரிவிசியாவில் (S. Cerevisea) ரைட்டும், ஜோஷ்வா லிடெர்பெர்க்கும் (R. E. Wright and Joshua Lederberg) செய்தனர்.

குரோமோசோம்கள் பங்குபெறு பரம்பரையில். குன்றல் பிரிவில், பிரிதல் (segregation) காணப்படுவதில்லை. இதையடுத்து நிகழும், எதிர்மாறான தோற்றவழி அமைப்புகள் (contrasting-phenotypes) இணைவதும் காணப்படா.

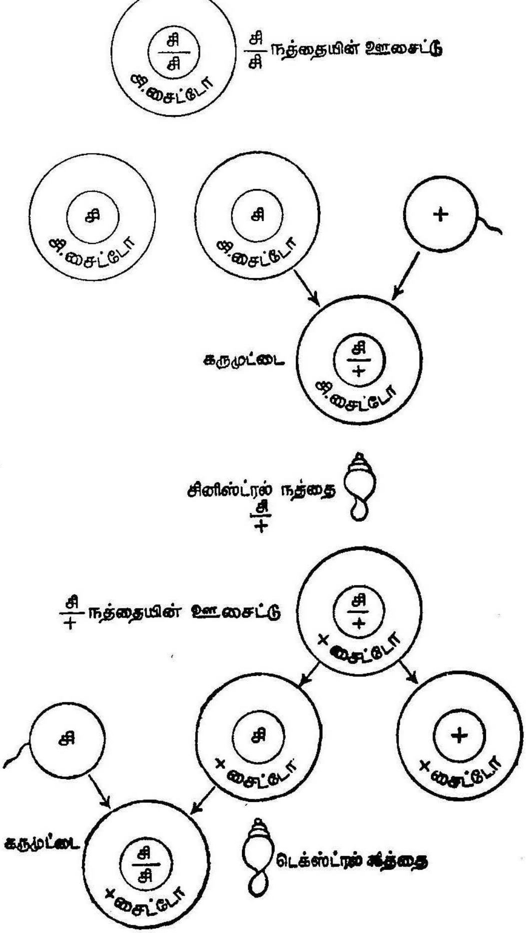
இம்மாதிரியான குணங்கள் யாவும், குரோமோசோம்கள் பங்கு பெறுப் பரம்பரையியலை அங்கீகரிக்க முக்கிய கட்டளை

விதிகளாக (criteria) அமைகின்றன. ஆனால் துரதிட்டமாக இச் சோதனைகள் யாவும் செயலளவில் மெய்யாக காளான்களோடு நின்றுவிட்டன.

(5) பாய்காட், டைவர், கார்ஸ்டாங் (Boycott, Diver and Garstang) என்ற மூவரும் லிம்னயா (Limnaea) என்ற நன்னீர் நத்தையில் செய்த சோதனைகளில் சைட்டோபிளாசத்தின் மூலம் மரபுவழி அடைதலை விளக்கினார்கள் (படம் 126). நத்தையினுடைய ஓடுகள் பெரும்பாலும் வலப்பக்கமாகச் சுருண்டிருக்கும். இதற்கு டெக்ஸ்ட்ரல் (dextral) அல்லது வலம்புரி என்று பெயர். ஆனால் இடப்பக்கமாகச் சுருண்டு காணப்படும் ஓடுடைய நத்தைகளும் இருக்கின்றன. இம்மாதிரியானவற்றிற்குச் சினிஸ்ட்ரல் (sinistral) அல்லது இடம்புரி என்று பெயர். ஆனால் லிம்னயா போன்ற சில இன நத்தைகளில் இருவகைகளும் காணப்படும். இதில் வலம்புரித் தன்மை மற்றதின் ஓங்கும் அல்லீலாக (dominant) இருக்கிறது. மேற்கண்டவற்றின் சோதனைக்கு ஸ்டர்ட்டிவாண்டின் விளக்கப்படி அவ்வாறு தெரிகிறது. சுருளும் தன்மை ஒவ்வொன்றின் ஜீன்களைப் பொறுத்தில்லாமல், தாயின் சைட்டோபிளாசத்தின் பிளாஸ்மாஜீனைப் பொறுத்துள்ளது என்று விளக்கியுள்ளார். தோற்றவழி அமைப்பான வலம்புரிச் சுருள் ஓடு நத்தைகள், இடம்புரி இளங்கன்றுகளையும் உண்டாக்கியுள்ளன. அவ்வாறானவை ஒடுங்கும் இடம்புரி ஜீன்களின் ஒத்த கருமுட்டைகளாக இருக்கவேண்டும். வலம்புரித்தன்மை தாயின் வலம்புரி ஜீன்களினால் நிர்ணயிக்கப்படுகிறது. தாயின் பண்பு ஜீன்களினால் அன்று. அத்தாயினுடைய ஜீன்கள் சைட்டோபிளாசத்தில் பதிந்துவிட்டவையாகும். அதுவும் முதிர்நிலை அடைவதற்கு முன் அம் முட்டையில் தோன்றிப் பிளவுறும் வரை நீடிக்கப்பட்ட நிகழ்ச்சியேயாகும். இதையே ''தாய்வழி நிர்ணயம்'' (maternal determination) என்று சிலர் கூறுவார்கள். மற்றும் சிலர் ''காலதாமத விளைவு'' (delayed effect) என்று விளக்குவதுமுண்டு.

நத்தையில் காணும் சுருள் ஓட்டுத்தன்மையைக் கீழ்க்கண்ட விளக்கம் தெளிவுபடுத்தும். இடம்புரித் தன்மைக்கு ஒடுங்கிய மியூட்டண்ட் ஜீன் (mutant gene) காரணமாயிருக்கும். இதை சி என்று குறித்துக்கொள்வோம். இதனுடைய சாதாரண ஜீனை (normal gene) + என்று குறிப்போம். இதனுடைய விளைவைச் செல்பிரியும் ஆரம்பத்திலிருந்தே காணலாம். முட்டை ஓர் இரட்டை எண். இது தாய் இனச் செல்லிலிருந்து உண்டான தாகும், தாயின் மற்றக்குன்றாத செல்லைப்போல் இதுவும் மரபு

வழி அமைப்பைக் கொண்டதே. தாய் இடம்புரியாகவும் தோற்ற வழியமைப்பு சி/சி ஆகவும் கொள்வோம். எல்லாக் குன்றுத செல்களுக்கும், தாய் இனச் செல்களுக்கும் சேர்த்து இது



படம் 126.

நத்தையில் சைட்டோபிளாசத்தின் மூலம் மரபு வழியடைதல்.

பொருந்தும். இவ்வாறுன ஊசைட்டுக்களின் சைட்டோபிளா சத்தில் சி/சி என்ற அமைப்பு இருப்பதால் இடப்புறச்சுருள் ஏற்படு கிறது. ஓங்கும் +ஜீன் மூலம் முட்டை கருத்தரித்திருந்தாலும் இடப் புறச்சுருள் ஓடே உண்டாகிறது. கலப்பினத்தில் (hybrid) குன்முத முட்டைகளின் நியூக்ளியசில் (ஊசைட்டுக்களில்) +/சி அமைப்புக்காணப்படும். இதில் ஓங்கிய + ஜீன் இருப்பதால் சைட்டோபிளாசம் வலம்புரியாக இருக்கிறது. குன்றிய முட்டைகள் (reduced eggs) வலம்புரி சைட்டோபிளாசத்தைப் பெற்றிருப்பதால் வலம்புரி இளங்கன்றுகளைக் கொடுக்கின்றன. இக் கலப்பினத்தில் (சி/+) பாதி முட்டைகளின் நியூக்ளியசில் சி மரபுவழி ஜீன்கள் இருக்கின்றன. சைட்டோபிளாசம் கலப் பினத்தாயிடமிருதது (+/சி) வந்தாலும், முட்டையின் சைட்டோ பிளாசம் வலம்புரியாக இருந்தாலும் இதிலிருந்து உண்டாகும் இளங்கன்றுகள் சி/சி ஆகவே இருக்கின்றன.

சுருக்கமாகக் கூறினுல் மேற்கூறிய +/சி கலப்பினத்தில்... ஜீனுனது வளரும் வளர் கருவில் உடனடியான விளைவுகளை ஏற் படுத்தாமல், முதிர் நத்தையின் முட்டைகளில்மட்டும் ஏற்படுத்து கிறது. அதாவது கலப்பினம் முதிர்நிலை அடையும் வரையில் ஜீனின்விளைவு காலதாமதமாகிறது. (del yed) இதுவே எல்லா முட்டைகளையும் வலம்புரியாக்குகிறது. மேற்கூறிய தாய்வழி நிர்ணயம் கூடச்சரியில்லை என்று தற்போது தெரிகிறது. ஏனெனில் பரம்பரை வழிவருதல் என்பது இரு பெற்றோர்களையும் பொருத்தே யன்றித் தாயினுடையதை மட்டும் பொறுத்ததன்று.

குரோமோசோம்கள் பங்குபெரு பொருட்களில் மாற்றம் (Changes in Extra Chromosomal Compliment)

செல்லின் இப்பொருட்கள் இருவழிகளில் மாறுதலடையும்.

(1) மியூட்டேஷன்(mutation)இப்பொருட்கள் மாறியமைதல்

(2) தொற்றுதல் (infection) வேறு பிளாஸ்மானிலிருந்து (plasmon) இப்பொருட்களைப் பெறுதல்.

புறவேதி முறைச் செயற்பாட்டினுல் (external treatment) தூண்டப்பட்ட பல புதிய குரோமோசோம்கள் பங்குபெரு பரம் பரைக்கு சான்றுகள் உள்ளன. உயர் மியூட்டேஷன் விகிதத்திற் கும், மியூட்டாஜன்களின் குறிப்பிட்ட செயல்களுக்கும் சமமான குரோமோசோம் மியூட்டேஷன்கள் இல்லை. இந்நிலை கூட குரோமோசோம் பங்குபெரு பரம்பரை அடிப்படைக்கு சான்று

களாக அமைகின்றன. ஈஸ்ட்டை (yeast) சில சாயங்கள் கொண்டு தூண்டினால், பல புது வகைகள் உண்டாகின்றன. அவ்வாறே வெப்பமும் குரோமோசோம்கள் பங்குபெறு வழித்தோன்றலை தூண்டுகின்றன. தாவரங்களின் பச்சயங்களின் தோற்ற வழிகளை மாற்றுவதிலும் மியூட்டேஷன்கள் பயன்படுகின்றன.

குரோமோசோம்கள் பங்குபெறு மியூட்டேஷன்களின் இயற்கையமைப்பு

குரோமோசோம்களிலுள்ள ஜீன்களில் நிகழ்வது போல் குரோமோசோம் பங்குபெறு பரம்பரைப் பொருட்களிலும் நிரந்தர மாற்றங்கள் நிகழ்வதாகக் கருதுகின்றனர். தெரியக்கூடிய நிலையிலுள்ள பிளாஸ்டிட்களை எடுத்துக் கொண்டால், இரு தெளிவான மியூட்டேஷன்களைக் காண்கிறோம்.

(1) யூக்ளினாவில் (euglena) பிளாஸ்டிட்கள் இல்லாத ஒரு மியூட்டண்ட் மரபுக்கால் வழி (strains) இதில் நிரந்தரமாகவே பிளாஸ்டிட்கள் மரபியல் தொடர்ச்சியை இழந்து விடுகிறது.

(2) உயர்நிலை தாவரங்களில், செயலாற்றலிலும் தோற்ற வழியிலும் மாறிய பிளாஸ்டிட்களைப் பெற்றிருக்கும் மியூட்டண்ட் மரபுக்கால்வழி. இதில் பிளாஸ்ட்டிடின் மரபியல் தொடர்ச்சியை விடாது வைத்திருப்பதுடன், அம்மரபியல் செய்தி குறை பாடுடையதாகவே (defective) இருக்கிறது.

பாரமீசியம் ஆரிலியாவின் புறணி (cortex) நிர்ணயிகள் (determinants) தோற்ற வழி வேறுபாடுகளில் அதாவது பூத வகைகளையும் (monsters) சாதாரண வகைகளையும் (normals) இரட்டித்தல் (duplication) அல்லது நீக்கல் (deletion) மூலம் நிர்ணயிக்கின்றன. ஆகவே பிளாஸ்ட்டிட் மியூட்டண்ட்களிலும், பாராமீசிய மியூட்டண்ட்களிலும், மூன்று குரோமோசோம் பங்குபெறு வகைகளைக் காண்கிறோம். குரோமோசோம்களின் மாற்றங்களுக்குச் சமமாக (analogy) நீக்கல் (deletion) அமைப்பு மாற்றங்கள் (structural changes) இரட்டித்தல் (duplication) ஆகிய மூன்றையும் கூறலாம்.

ஜீன்கள், பிளாஸ்மா ஜீன்கள் ஆகியவற்றின் மியூட்டேஷன்களினால் ஏற்படும் ஒரே மாதிரியான மாற்றங்கள், குரோமோசோம்களும் குரோமோசோம்கள் பங்குபெறு பரம்பரைகளும் சமபங்கு நிலையில் செயலாற்றுகின்றன என்பதைத் தெரிவிக்கிறது. ஆனால்

குரோமோசோம் பங்குபெறு பரம்பரை ஜீன்கட்டுப்பாடு இல்லாமல் இயங்குகிறதா என்ற கேள்விக்கு பதில் கூறுவது கடினமே. ஒவ்வொரு மட்டத்திலும், ஜீனும், பிளாஸ்மா ஜீனும் இடைச்செயல்களை சேர்ந்தே இயங்குகின்றனவா? அல்லது குறித்த சூழ்நிலையில் ஜீனும், பிளாஸ்மானும் கூட்டுறவாக வேலை செய்கிறதா? என்ற கேள்விகள் இன்னும் தெளிவாக்கப்படவில்லை.

ஒரு செல்லில், ஒரு மரபியல் அமைப்பிற்குமேல் (genetic system) இருப்பதின் தனிச்சிறப்பு (significance) யாது? அதுவும் தனித்து உள்ளாட்சி செய்யும் முறைமை என்ன? உயிரியின் ஆரம்ப காலத்தில் இருந்த சைட்டோபிளாசத்தின் எஞ்சிய நிலையா? அல்லது செல்களினுள் ஒட்டுண்ணி படை எடுப்பின் எஞ்சிய பகுதியா? என்ற பல கேள்விகள் எழுகின்றன. குரோமோசோம்களற்ற அமைப்புகள் தற்கால செல்களின் (modern cells) வாழ்க்கையில் முக்கிய பங்குகொண்டிருக்கலாம் அல்லது அவைகள் இதுகாறும் மறைந்திருக்கலாம். அவைகள் ஆரம்ப காலம் முதற்கொண்டு சில செயல்களைப் புரிந்திருக்கக்கூடும். உயிரி முப்பகுதி அமைப்புகள் மூலப் (tripartite system) தோன்றி இருக்கக்கூடும், 1. இரட்டிப்பதற்காக நியூக்ளிக் அமிலம், (2) ஆற்றல் மாற்றத்திற்காக ஒளிச்சேர்க்கை அலலது வேதியற் சேர்க்கை, (3) மேற்கூறிய செயல்களைத் தூண்ட புரத என்சைம்கள். இம்மாதிரியான முப்பகுதி அமைப்பு, குளோரோபிளாஸ்ட்கள், மைட்டோகாண்ட்ரியாக்கள் ஏன் செல்லிற்குக்கூட மூதாதையாக (ancestor) இருக்கக்கூடும். இவ்வாரம்ப (primitive) அமைப்புகள், படிமலர்ச்சியில் (evolution) செல்லென்ற சட்டத்தினுள் ஒன்று பட்டிருக்கக்கூடும். அச்செல்லில் முதன்மை மரபியல் செய்திகள் (primary genetic information) தனிப்பட்ட உறுப்புகளுக்கு மாற்றப்பட்டிருக்க வேண்டும் என்று கருதப்படுகிறது. அவ்வுறுப்புகளே குரோமோசோம்களாகும். ஏன்? இதற்குரிய விடை செல்களுக்குத் தேவையான வளைந்து கொடுக்கும் வளர்ச்சியில் அடங்கியிருக்கிறது. குரோமோசோமின் இரட்டிப்பு செல்பிரிவின் சுழற்சியுடன் (cycle) இணைந்து பொருத்தப் பட்டிருந்தாலும் உறுப்புகள் (organelles) அச்சுழற்சியின் ஆளுகைக்கு முழுதும் ஆட்படவில்லை என்று தெரிகிறது. ஓரளவிற்கு, குரோமோபிளாஸ்ட்டுகள், மைட்டோகாண்ட்ரியாக்கள், செல்பிரிவிற்குக் கட்டுப்படாமல். சூழ்நிலையின் நெருக்கடிக்கு (stress) ஏற்றவாறு வளர்கின்றன. மற்ற சைட்டோபிளாச அமைப்புகளும் இம்மாதிரியே அமைய நேர்ந்திருக்கலாம். இச்சூழ்நிலையில் மரபியர் செய்திகள், குரோமோசோமல் டிஎன்ஏ

மூலம் செல்வது போன்றிருமல் வேறு சில உறுப்புகள் மூலம், செல்லவும், இரட்டிக்கவும் நேர்ந்திருக்கலாம். இதனுல், குரோமோசோம்கள் பங்குபெறு மரபியல் அமைப்பு தொடர்ந்து முக்கியத்துவமடைந்திருக்கலாம். இம்முக்கியத்துவமே சூழ்நிலை மாற்றத்திற்கேற்ப உறுப்புகள் வளர்ச்சிக்கு வளைந்து கொடுக்கும் நிலை ஏற்பட்டிருக்கக்கூடும் என்று கருதப்படுகிறது.

17. வளர்தலில் ஜீன்கள்

(Genes in Development)

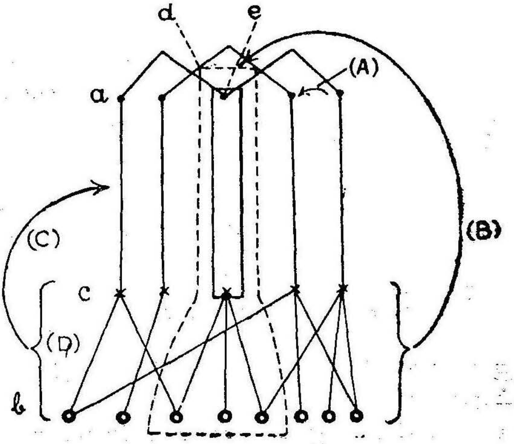
உயிரிகளின் வளர்ச்சி, உடற்செயலில் போன்றவைகளை ஜீன்கள் அச்செல்களின் தனி உயிர்வேதிப் பொருளின் மூலம் கட்டுப்படுத்துகின்றன. ஆனால் பல்வேறு செல்களுடைய உயிரி களின் வளர்ச்சியில் ஜீன்களின் வேலைகளை கூறும்போது பல புதுச் சிக்கல்கள் உண்டாகின்றன. இது சம்பந்தமான இரு உண்மைகளை அடுத்தடுத்து பக்கத்தில் வைத்து நோக்கும் போது அவைகள் ஒவ்வாதனவாக இருக்கின்றன.

தனி உயிரிகளை உண்டாக்கும் செல்கள் என்பது பல்வேறு வேதிய அமைப்பு செயல்களில் வேறுபட்ட டைப்களின் சேர்க்கையாகும். பல செல்கள் கொண்ட தனி உயிரி கரு முட்டை என்ற ஒரு செல்லிலிருந்து வளர்கிறது. ஆகவே ஜீன்களுக்கு குறிப்பிட்ட வழியில் வளரக்கூடிய ஆற்றலுண்டு என்று தெரிகிறது.	அடுத்தடுத்து நிகழும் சமப் பிரிவுகள், கருத்தரித்த செல்லிலிருந்து சொமாட்டிக் செல் சந்ததிகளை உண்டாக்குகின்றன என்று பாவித்துக் கொள்வோம். அப்படியானல் ஒரே ஜீன் அமைப்பு, குரோமோசோம் அமைப்பு இவைகளிலிருந்து அவைகள் வளர்கின்றன. இச்செல்களின் ஜீன்கள் ஒத்தனவாகக் கருதப்பட்டால் செல் வேறுபாடுகளுக்கு அவைகள் எவ்வாறு காரணமாகும்?

தனி உயிரிகளுக்கிடையே உள்ள வேறுபாடுகள் யாவும் ஜீன் வேறுபாடுகளின் அடிப்படையில் அமைந்துள்ளன என்பதில் ஐயமில்லை. இவ்வேறுபாடுகள் யாவும், உயிர்வேதிப் பொருளைப் பொறுத்ததே, ஒரு தனி உயிரில் ஒரு செல்லிற்கும் மறு செல்லிற்கும் இடையே ஏற்படும் மாறுபாட்டை எவ்வாறு விளக்க முடியும்?

வளர்ச்சி என்பது எப்பிஜெனிட்டிக் (epigenetic) ஆகும். அந்த எப்பிஜெனிட்டிக் மண்டலத்தில் (epigentic system) ஜீன் செயலாற்றுகிறது (வேடிங்டன் செயல்மண்டலம்). முட்டை ஒரு திட்ட ஆக்கஞ்செய்யப்பட்ட (organized) சின்னமாகும்.

ஆகவே வளர்ச்சி என்பது எல்லா பாகங்களும் கொண்ட முன்பாகவே அமைந்துள்ள இனச்செல்களின் (preformed germ) பெருக்கம் என்பதல்ல. அது எப்பிஜெனிட்டிக் ஆகும். அதாவது ஒரு தனி உயிரி புதிதாக கட்டுப்பட்டுக்கொண்டுமிருக்கிற ஓர் நிலையாகும். கட்டப்படும், செயல்விவரம் வளர்ச்சியின் ஒவ்வொரு நிலையிலும் உள்ள பொருட்களையும் அமைப்புகளையும் பொருத்தது. புரோட்டோசோவா என்ற ஓர் உயிரியில், செயலாற்ற தனித்தனி தெளிவான சிறு உறுப்புகள் (organelles) உள்ளன என்பது தெரிந்ததே. இவைகள் பல செல் உயிரி உறுப்புகளின் செயல்களையேச் செய்கின்றன.



வேடிங்டனின் எப்பிஜெனிட்டிக் செயல் மண்டலம்
(The Epigenetic Action System)
பின் ஊட்ட கட்டுப்பாடு (Feed Back Control)

A: ஜீன்–ஜீன் செயல் விளைவு
B: சைட்டோபிளாசம்–ஜீன் சுழற்ச்சி

C: சைட்டோபிளாசம்-சைட்டோபிளாசம் சுழற்சி 1.
D: சைட்டோபிளாசம்-சைட்டோபிளாசம் சுழற்சி 2.
a. ஜீன்கள்
b. ஃபினோடைப்ஸ்
c. பிரதம புரொட்டீன்
d. ஜீன் செயல் மண்டலம்
e. ஜீன்-புரொட்டீன் மண்டலம்

சமப்பிரிவு மூலம், சேய் செல்களில் நியூக்ளியஸும், சைட்டோ பிளாசமும் அமைவதின் அளவு ஒத்தோ, சமமாகவோ இருப்பதில்லை. சில பொருட்கள் சமமற்றும் சேய் செல்களில் பங்கிடப்பட்டிருக்கும். எடுத்துக்காட்டாக கடல் முள்ளெலி முட்டையில் நடுவரை கோட்டிற்குக்கீழ் உள்ள சிவப்புத்துகள்கள் பட்டையை அடையாளமாக (indicator) கொள்வோம். முதல் இரண்டு பிரிவுகள் செங்குத்தில் சரிபாதியாக்குகின்றன (merridional). அடுத்த பிளவுக்கோடு முதலிரண்டிற்கும், செங்குத்துக்கோணத்தில் அமைகிறது. அக்கருமுட்டை நடுமத்தியில் அமைவதால் மேல் கீழ் என்ற இரு பகுதிகள் தெளிவாகின்றன. மேல் பகுதியின் துருவத்திற்கு, கருத்துருவம் (animal pole) என்றும் கீழ் பகுதியின் துருவத்திற்கு, கருவுணவுத்துருவம் (vegital pole) என்றும் பெயர். கீழ்ப்பகுதியில் துகள்களும், மேற்பகுதியில் நியூக்ளியசும் காணப்படுகின்றன.

சாதாரண வளர்ச்சியில், சேய் செல்களின் சைட்டோ பிளாசத்தின் பல்வேறு உட்பொருட்கள் காணப்படுகின்றன. இப்பொருட்கள், அச்செல்கள் எந்த முறையில் வளரவேண்டும் என்று நிர்ணயிப்பதுடன், அச்செல்லின் சந்ததிகள், பாகுபடுத்துதலில், (differentiation) பங்கு கொள்கின்றன.

ஜீன்களும், கருமுட்டை சைட்டோபிளாசத்தின் அமைப்பும்

(Genes and the Organization of the Egg Cytoplasm)

கரு முட்டை சைட்டோபிளாசத்தின் அமைப்பு, ஆரம்ப வளர்ச்சியில் முக்கிய பங்கு கொள்கிறது. முட்டை உற்பத்தி செய்யும் பெண்ணின் மரபியல் அமைப்பு, அது எம்முறையில் வளரவேண்டும் என்று முடிவு செய்கிறது. நத்தையின் ஓடு சுருள்வதற்கு எத்திசையில் வளரவேண்டும் என்பது தாய்வழி விளைவேயாகும் (maternal effect).

செல்களிலும் திசுக்களிலும் வளர்ச்சி இடைச் செயல்கள் (Developmental Interaction of Cells and Tissues)

இடம் மாறி பொருத்துதல் (transplantation) சோதனைகள் சுற்றிலுமுள்ள திசுக்களைப் பாதிக்கின்றன. ஆரம்ப நிலையிலுள்ள கருவின் ஒரு துண்டு, புதிய விருந்தோம்பியில் ''இரண்டாம் நிலை கரு''வாக வளர்கிறது (secondary embryo). இம்மாதிரி இடைச் செயல்களை (interactions) ''கருத்தூண்டல்'' (embryonic induction) என்பர். அவ்வாறுள்ள தனிச்சிறப்பு வாய்ந்த பகுதிக்கு தூண்டியக்கக்கூறுகள் அல்லது ''ஆர்கனைசர்'' (organizer) என்று பெயர். இப்பகுதியை ''தலை ஆர்கனைசர்'' (head organizer) ''உடல் ஆர்கனைசர்'' (trunk organizer) என்று பிரிக்கலாம்.

மனிதனில் சிறுநீரக வளர்ச்சி

இது முன், இடை, கடை (pro, meso, meta) என்ற மூன்று நிலைகளில் வளர்கிறது. மீன் போன்ற கீழ்மட்ட விலங்குகளில் முன் நெஃப்ராஸ் சிறுநீரகமாக செயலாற்றுகிறது. இடை நெஃப்ராஸ் நீர்நில வாழ்வனவற்றிலும், கடைநெஃப்ராஸ் ஊர்வன, பறவை, பாலூட்டிகளிலும் செயலாற்றும் சிறுநீரகங்களாக இருக்கின்றன. மனிதனில் வளர்ச்சியின்போது இம்மூன்று நிலைகளும் ஏன் திரும்ப உண்டாகின்றன? ஏன் நேரடியாகவே கடைநெஃப்ராஸ் உண்டாக்கக்கூடாது?

(1) செல்களினிடையே தூண்டுதலும்,எதிர் செயல்களை ஒழுங்கு படுத்துவதும், அடுத்துள்ள திசுக்களிலிருந்து ஒழுங்கியாக்கும் பொருட்கள் ஊடுருவுதலைப் பொருத்தது. (2) இரத்த ஓட்டத்தின் வழியாக நாளமில்லாச்சுரப்பிகளின் ஹார்மோன்கள் மூலம் கட்டுப்படுத்துகின்றன.

நியூக்ளியார் பாகு பாடுகள் (Nuclear Differentiation)

1. பாகுபாடுகள், சைட்டோபிளாசத்தின் செயற்பாடா? அல்லது நியூக்ளியசிலேயே மாற்றங்கள் நிகழ்கின்றனவா?

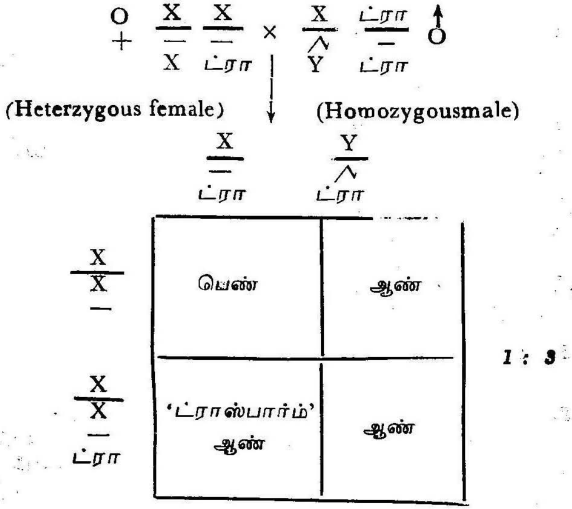
2. சைட்டோபிளாஸம் இல்லாமல் எல்லா நியூக்ளியஸ்களும் ஜீன்களின் தன்மையை வெளிப்படுத்த முடியுமா? அல்லது சிறப்பான இடைச் செல்களின் சூழ்நிலையில்லாமல் உள்ளபோது அவ்வாறு ஜீன்களின் முழுத்தன்மையையும் வெளிப்படுத்த முடியுமா?

இக் கேள்விகளுக்கு விடை காணும் வாயிலாக். சில சோதனைகள் செய்யப்பட்டன. நியூக்ளியஸ் பிரித்தெடுக்கப்பட்டு

கரு முட்டையின் பிறிதொரு இடத்தில் மாற்றி வைத்தபோது வெவ்வேறுவித வளர்ச்சிகள் நிகழ்ந்தன. இதனால் இரு அடுக்கு கருக்கோள் (gastrula) செல்களின் நியூக்ளியஸ்கள் வெவ்வேறு வழியில் பாகுபடுத்துகின்றனவென்று விளங்குகிறது. இப்பாகு பாடுகள் நிலையானவைகளே.

குரோமோசோமல் பாகுபாடுகள்
(Chromosomal Differentiations)

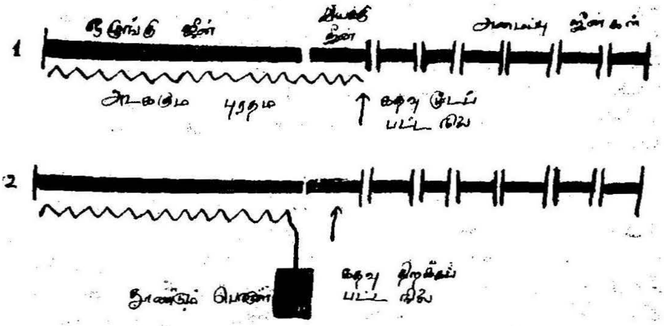
உமிழ்நீர்ச் சுரப்பிகளின் குரோமோசோம்கள் யாவும் பல பட்டையின அல்லது பாலிடெனிக் (polytenic) ஆகும். இதில் சுமார் 2048 திருக்குகள் (strands) உள்ளன. இவைகளினுள் பஃப்களும் இருக்கின்றன. இவைகளை ஆர்என்ஏ சைட்டுகள் (site) என்பர். இச்சைட்டுகள் சுறுசுறுப்பாக இருப்பதுடன் புரதம் தயாரிக்குமிடமாகவும் உள்ளன. லாம்ப் பிரஷ், லூப்புகள் யாவும் இதில் இருக்கின்றன. பஃப்பிங் (puffing) உண்டாவதே ஜீன் செயல்களின் பாகுபாடேயாகும். வளர்தலில் ஜீன்களின் செயல்களை படம் விளக்குகிறது.



ஹேப்ரோபிராகான் (habrobracon) என்ற ஒட்டுண்ணியிலும், மிலான்ட்ரியம் (melandrium) என்ற தாவரத்திலும், பால்

நிர்ணயித்தல் எவ்வாறு நிகழ்கிறது என்று முன்பே கூறியுள்ளோம். டுரோசோஃபைலாவில் அர்த்தநாரிகள் (gynanders) எவ்வாறு உண்டாகின்றன என்று முன்பே பால் நிர்ணயித்தலில் விளக்கப் பட்டுள்ளது. எவ்வாறு அவைகள் வளர்கின்றன என்று படம் 56 பக்கம் 202 விளக்குகிறது.

ஒரு மெசஞ்சர் ஆர்என்ஏவைக்கொண்ட ஒத்திசைவான தோற்ற யூனிட்டுகளின் ஜீன் தொடரை ஆப்ரான் (operon) என்பர். ரெகுலேட்டர் (regulator) ஜீன் சைட்டோபிளாசம் மூலம் செயலாற்றுகிறது. இது ரெப்ரஸார் (repressor) பொருளை உற்பத்தி செய்வதுடன் அப்பொருளை சைட்டோபிளாசத்திற்கு அனுப்புகிறது. தூண்டுதலின் விளைவுகளை எதிர்த்து பிரிதொரு பொருள் உண்டாவதாகவும் கண்டுள்ளனர். இப்பொருளுக்கு (activator) ஆக்டிவேட்டார் என்றும் இவைகள் புனைவு ரெப்ரஸாரை (hypothetical repressor) செயல் படுத்தவதாகவும், அவ்வமயம், தூண்டிகள் (inducers) அச்செயலைத் தடுப்ப தாகவும், கருதுகின்றனர். ஆப்ரான் மாடலை (operon model) பாரிஸிலுள்ள பாஸ்டியூர் நிறுவனத்தைச் சேர்ந்த ஜேகபும் மோனுடும் (Jacob F and Monod J) விளக்கினர். இம்மாடலில் ஆப்ரான் சுற்றுப்பாதை உள்ளது (operon circuit) இச்சுற்றில் என்சைம் உண்டாவதை நிறுத்தவும் (switch off) அதைத் தூண்டவும் (switch on), ஜீன்கள் செயலாற்றுகின்றன. இதையே ஜீன் சுற்றுப்பாதை (gene circuit) என்றும் கூறுவ துண்டு. வெவ்வேறு ஜீன்கள், வளர்தலில் செயலாற்றுகின்றன.



படம் 127

(1) ஆர்என்ஏ பாலிமரேஸ்களுக்கு ஒழுங்கு ஜீன்களை ஒட்டிக்கொள்ளும் புள்ளிகள் அளிப்பதுடன், அவைகள் இயக்கு ஜீன்களை அடையக் கதவை திற ந்தும் விடுகின்றன.

(2) தூண்டும் பொருட்கள் அடக்கும் புரதத்துடன் இணைந்து மூடிய கதவைத் திறந்து வழி விடுகிறது

இந்த மாடலில், ஆப்ரான் 1 (operon 1) சுறுசுறுப்பானது. ஆப்ரான் 2 செயற்படுவதை ரெகுலேட்டர் 1 (regulator 1) ஜீன் தடுக்கிறது அவ்வமயம் செல், என்சைம் E யைத் தயாரிக்கிறது. வெளியிலிருந்து கொடுக்கப்படும் தூண்டியினால் (inducer 1) தற்காலிகமாக ரெகுலேட்டர் ஜீன் RG2 செயல்படுவதை ரெப்ரஸார் தடுக்கிறது. இது ஆப்ரான் 1ன் தோற்றத்தைத் தடைப்படுத்துகிறது. இதன் முடிவாக செல், என்சைம் 2ஐ (enzyme 2) உற்பத்தி செய்கிறது இப்போது ஆப்ரான் 2 நிரந்தரமாக திறக்கப்பட்டும் (locked on ஆப்ரான் பூட்டுப்பட்டுள்ளது (locked off) இச்சுற்றுப்பாதை, ஜீன் தோற்றத்தை மாற்றமுடியாத குணங்களைப் பெற்றுள்ளது என்று விளக்குகிறது. இம்மாதிரியான அமைப்பு பேக்டீரியாக்களிலும் வளர்சிதை மாற்றத்திலும் நிகழும் உயிர்வேதி செயலெதிர் செயல்களிலும் காணலாம். ஆனால் மற்ற உயர்நிலை விலங்குகளில் காணப்படுவதில்லை. மேலும் வளர்வதில் இந்நிகழ்ச்சித் திருப்பத்தை இயக்குதலும், நிறுத்துதலும் (turning on and off) ஜீன்களின் கட்டுப்பாட்டில் நிகழ்வதாகும், ஜீனோமில் (genome) குறியிடப்படுவதாகும் விளக்கப்பட்டுள்ளது.

ஆக்ஸ்ஃபோர்டு பல்கலைக்கழகத்தைச் சேர்ந்த ஹேரிஸ் (Harris) என்பவர். மேற்கூறிய கோட்பாட்டை ரெப்ரஸார்-ஆக்டிவேட்டார் கோட்பாடு (repressor and activator hypothesis) என்று கூறியுள்ளார். இவர் மனித செல்களும் சுண்டெலி செல்களும் சைட்டோபிளாசத்தில் ஒரு நியூக்ளியஸ் மற்றொரு சைட்டோபிளாசத்திலும் பறவைகளின் சிவப்பணுக்கள் (RBC'S) மனித செல்களிலும்- சைட்டோபிளாசத்திலும் டிஎன்ஏ, ஆர்என்ஏ சேர்க்கையில் எப்படி செயலாற்றுகின்றன என்றும் விளக்கியுள்ளார்.

மேற்கூறியவற்றின் சுருக்கம் யாதெனில், இரு செல்களின் நியூக்ளியஸ்கள் ஒன்றாக இருந்து, ஒரு மூலப் பொருள் வேறுபட்டால், அச்செல் வளர்ச்சியில் வெவ்வேறு மாறுபாடுகள் நிகழும். உதாரணமாக ஜீன் A_a (gene A), EA என்ற ஒரு குறிப்பிட்ட என்சைம் (enzyme EA) உண்டாவதற்கு காரணமாக இருக்கிறது. இந்த EA என்சைம் SA என்ற மூலப் பொருளில் (substrate SA) வேதியல் மாற்றங்களை ஏற்படுத்தி, PA என்ற புதிய வினை பொருளை (product) உண்டாக்குகிறது. இப்புதிய

வினைபொருள் ஏற்படுவது, SA என்ற மூலப் பொருள் எளிதில் கிடைக்கக்கூடிய தன்மையைப் பொருத்தும், EA என்ற என்சைம் செயலாற்றும் சூழலைப் பொருத்தும் இருக்கிறது. உரிய ஜீன் இல்லாது போனால் வினைபொருள் உண்டாகாது. ஏனெனில் அதற்குரிய என்சைம் உற்பத்தியாகவில்லை.

ஜீன்A
↓
என்சைம்EA
→மூலப்பொருள் SA——————> வினைபொருள் PA ——→

வடிவமைப்பு மரபியல்
(Morphogenesis)

சிக்கலான உறுப்புகள் உண்டாவதின் பாகுபாடு

உறுப்புகள் வளர்ச்சியை, ஜீன்கள் இருவழிகளில் பாதிக்கின்றன. ஆர்கனைசர்கள் (organizers) அல்லது அது போன்று தூண்டும் பின்னணி இயக்க ஏற்பாடுகள் (mechanisms) மூலமாக வளர்ச்சியின் ஒருமைப்பாடு பாதிக்கப்படுகிறது. இம்மாதிரியான வழிகளில் இரு பங்குதார்கள் உண்டு. ஒன்று தூண்டும் திசுக்கள், மற்றொன்று தூண்டப்படும் திசுக்கள். ஜீன்கள் ஆர்கனைசரை கட்டுப்படுத்துகின்றன. இவைகள் முறையான வளர்ச்சியைத் தூண்டுகின்றன. ஜீன்கள் திசுக்களின் தகுதியை அத்தூண்டலுக்கு தக்கவாறு பாதிக்கவும் செய்யும்.

எடுத்துக்காட்டாக பகுதி ஓங்கும் மடிதல் ஜீன் (semi dominant lethal gene) சுண்டெலியில் தூண்டும் செயல் செய்கிறது. சுண்டெலியில் ஒத்த கருமுட்டை (Sd/Sd) யாயிருப்பதால், "டான்ஃபோர்த் குட்டைவால்" ("Donforth's short"=Sd) வகைக்கு, வால்குட்டையாக இருக்கும். இதில் Sd அல்லீலுக்கு ஒத்த கருமுட்டை இருப்பது காரணமாகும். சிறு நீரகமும் கீழ் பகுதி முதுகெலும்பு முட்களும் அவைகளுக்கு இரா. மேலும், அவைகள் பிறந்த அன்றே இறந்து விடுகின்றன. டான்ஃபோர்த் என்பவர் இதைக் கண்டுபிடித்ததால் அவர் பெயராலேயே வழங்கப்படுகிறது. அவைகளை ஒவ்வா கருமுட்டையிலிருந்து (Sd/+) இதைக் கண்டுபிடித்தார். இதிலும் குட்டைவால் அல்லது வால் இல்லாதது தெளிவாகத் தெரிந்தது. சிறுநீரகம், சிறுநீரகக் குழாய்களைப் பொறுத்த மட்டிலும் கீழ்காணும் விளக்கம் தெளிவாக்குகிறது. ஒவ்வா கருமுட்டை அல்லீல்களைக் கொண்ட 109 எலிகளில் (Sd/+) 7%தான் முறையாக (normal) இருந்தன

மற்றவைகளில் சிறுநீரகம் (kidney), சிறுநீரகக்குழாய் (ureter) படிப்படியாக குறைந்த அல்லது இல்லாத நிலைகளே தென்பட்டன. சிறுநீரகம் சிறுத்து இருந்தாலும், அதனுடன் சிறுநீரகக்குழாய் ஒட்டிக்கொண்டிருக்கும். அட்ரினல் இருப்பது பற்றி முக்கிய மில்லை. சிறுநீரகக்குழாய், சிறுநீரகம் வரை நீண்டிராவிட்டால் அதற்குரிய சிறுநீரகம் வளராது.

அதாவது Sd ஒவ்வா கருமுட்டையின் வளர்தலில் இடைநிலை சிறுநீரகத்திலிருந்து (mesonephros) முளை போல் கிளம்பும் சிறு நீரகக்குழாய் (ureter) "ஆர்கனைசர்" (organizer) போல் செயல் படுகிறது. இம்முளையே கடைநிலை சிறுநீரகத்தைத் (ஒவ்வா கரு முட்டை) (metanephros) தூண்டும் கருவியாக இருக்கிறது. இந்த Sd அல்லீல்கள் (ஒவ்வா கருமுட்டை) ஆரம்பத்தில் சாதாரணமாக நீளுகின்ற, கிளைவிடுகின்ற இடைநிலை சிறுநீரகத்தின் மூளையில் குறுக்கிடுகிறது. சிறுநீரகத்தின் குறைவு அல்லது இல்லாதிருத்தல், இந்த ஆர்கனைசர் திசு, தன் வேலையைச் செய்யாது (தவிர விடுவதும்) இருப்பதே காரணமாகும். அவ்வாறு தன் வேலையைச் செய்யாதிருந்தால், சிறுநீரகம், தன்சுரப்பி குழல்களுடன் உண்டாகி இருக்கும். ஒத்த கருமுட்டை அல்லீல்களில் (Sd/Sd) இச் சிறுநீரகம் சாதாரணமாக வளர்வது ஆரம்பத்திலேயே தூண்டுதலின்றி தடைப்பட்டிருக்கும். மருத்துவத்துறையில் மனிதர்களிடத்தில் காணும் அசாதாரண நிலைக்கும் இம்மாதிரி யான சோதனைகள் மிகவும் பயன்படும் என்றும் கான்பார்க் (Grunberg) கூறினர். ஆரம்பத்தில் வளர் கருவின் தலை பெரிதாக இருந்து படிப்படியாக பின் தக்க விகிதத்தை அடைந்து சாதாரண குழந்தை போல் பிறக்கிறது. அவ்வாறின்றி மேற்கூறியது போன்ற ஒத்த அல்லீல்கள் இருக்க நேரிட்டால் அக்குழந்தை பெரிய தலையுடன் பிறந்தால் அது பூதத் தலையுடையதாக (monster) இருக்கும்.

நாளமில்லா சுரப்பியில் ஜீன் விளைவுகள்
(Genic Effects on Endocrine System)

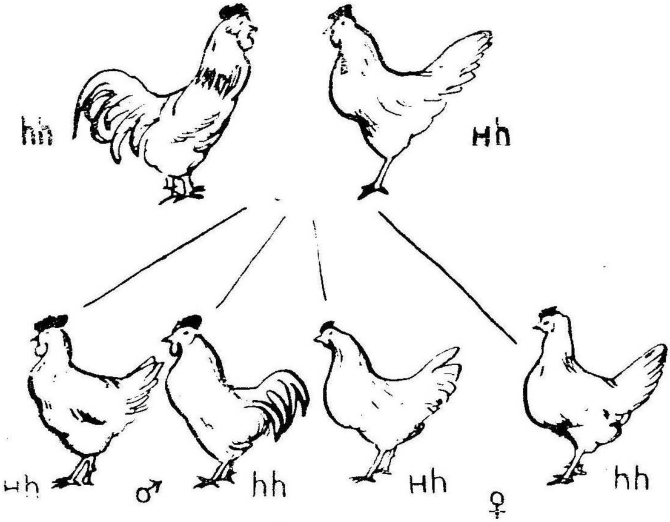
ஒத்த கருமுட்டை (homozygous) ஒடுங்கும் வகையாக (recessive) இருந்தால் குள்ள எலிகள் உண்டாகின்றன. இவ்வெலிகள் பிறந்த சில காலம் சாதாரண எலி போல் வளர்ந்த பின் முழுமை யடைவதில்லை. எடை குறைகிறது. சில இறக்கின்றன. உயிர் தப்பிய சில வளர முயற்சித்தாலும் துரிதமாக இருக்காது. வால்கள் சிறியனவாகவும் சுருசுருப்பற்றும் இருக்கும். பாலின முதிர்ச்சியடையாமல் மலடாக இருக்கும். மற்ற நாளமில்லா

சுரப்பிகளான தைராய்டு, தைமஸ், அட்ரினல் போன்றவைகள் இளம் எலிகளில் காண்பது போன்றே இருக்கும். இவைகளுக்கெல்லாம் காரணம் பிட்யூட்டரி சுரப்பியின் முற்பகுதி (anterior lobe of pituitary) தான் சுரக்கும் ஹார்மோனை சுரக்காததே. மேலும் இப்பகுதியை எடுத்து குள்ள எலியின் தோலுக்கடியில் வைத்து விட்டால் அவ்வெலி, சாதாரண எலி போல் வளரும். மற்ற சுரப்பிகளும் அவ்வாறே வளர்கின்றன.

இதனுல் குள்ள எலி தலையாய சுரப்பியான ('Master gland') பிட்யூட்டரி சுரப்பியில் ஏதோ கோளாறு காரணமாக இவைகள் சரிவர வளரவில்லை. இச்சுரப்பி சரிவர வேலை செய்யாமைக்குக் காரணம் ஒடுங்கும் ஜீனுல் தடை ஏற்பட்டதே. இதனுல் அச் சுரப்பியில் வளர வேண்டிய குறிப்பிட்ட செல்வகை வளரவில்லை. அச்செல்களினுல் சுரக்கப்படும் முக்கிய ஹார்மோன் இல்லாததே இக்குள்ள நிலைக்கும் மற்றவைகளுக்கும் காரணமாகும்.

மனிதனிடத்தில் காணப்படும் நீரிழிவு நோய், கிரிட்டினிசம் (cretinism) போன்றவைகளும் கோழிகளில் சிக்கிள் சிறகுகள் (sickle feathers) உண்டாவதும் (H H or H h = Hen feathered ♂ h h = Cock feathered ♂) தக்க ஹார்மோன்கள் இல்லாததினுல் நிகழ்வதே. இவைகளுக்குரிய ஜீன்கள் தடைப்பட்டதே. இதற்குக் காரணமாகும். சில கோழிகளில் பால் வேறுபாட்டுக்குரிய சிறகுகளே இரா. ஆண் கோழிக்கு, பெட்டையின் சிறகுத்தோன்றும் இம்மாறுபாடுகள் யாவும் ஒத்த கரு முட்டை ஒடுங்கும் நிலையில் இருப்பதே (h h) மார்கன் (T.H Morgan) இம்மாதிரியான பெட்டையின் சிறகைக் கொண்ட சேவல்களுக்கு ''நாளமில்லா இரு பால் பறவைகள்'' (endocrine hermaphrodites) என்று கூறினுர். விந்து சுரப்பிகள் பெண் ஹார்மோனைச் சுரக்கின்றன. அம்மாதிரியானவற்றின் விந்து சுரப்பியை அறுவை முறையில் நீக்கி விட்டால் (castrated) சேவல் சிறகை பெற்று விடுகிறது. மேலும் (H) பெட்டையின் தோலைமாற்றிப் பொருத்துதல்(transplantation) முறையில் சேவல் சிறகையுடைய விருந்தோம்பியில்(hh) பொருத்தினுல் பெட்டையின் சிறகுகளே வளர்கின்றன. இது முன் கூறியதிற்கு எதிர்மாருக இருக்கிறது. இம்மாதிரியான சோதனைகள் மூலம், தோல் போன்ற பகுதிகள், மற்ற வளரும் உறுப்புகளிலும் உள்ள பெயர்ந்து செல்லும் செல்களை (wandering cells) ஜீன்கள் கட்டுப்படுத்துகின்றன. (உ-ம்) நிறமி செல்கள், உரோம செல்கள்.

வளர்ச்சியையும்(growth), வளர்சிதை மாற்றத்தையும் (metabolism) ஜீன்கள் கட்டுப்படுத்துகின்றன. எடுத்துக்காட்டாக



படம் 128.

நாளமில்லா இருபால் பறவைகளின் பரம்பரை.

டிரோசோஃபைலாவின் மூன்றாவது குரோமோசோம் பாதிக்கப்பட்டால் அதன் கட்டுப்பாட்டில் உள்ள சுவாச உறுப்புகள் (tracheal system) அந்த லார்வாவில் பாதிக்கப்பட்டு, வளைந்து விடுகின்றன. இதனால் அது வளராமல் இறந்து விடுகிறது. இதில் கொல்லியின் (lethal) ஒத்த கரு முட்டை இருக்கிறது. ஆகவே அது பியூப்பாவாக ஆகாமலே இறக்க நேரிடுகிறது. ஹாடான் (E. Hadorn) என்பவர் (1943) இம்மாதிரி லார்வாவை ''மியாண்டர்'' (meander) என்று கூறினார். மாற்றிப்பொருத்துதல் சோதனையினால், புரதத்தை தன்மயமாக்கும் வழியில் ஏதோ தடை ஏற்பட்டதால இக்கொல்லி குணங்கள் உண்டாயின.

இம்மாதிரியே இன உறுப்புகள் உண்டாவதிலும் காணலாம். வளர் கருவின் ஆரம்பத்தில்(primordial germ cells)இன உறுப்புகள் பாகுபாடின்றி வளர்ந்து சில அலைவு செல்களினால் பாதிக்கப்பட்டு, கீழ்கண்டவாறு நிகழ்கிறது. மெடுல்லா, கார்ட்டெக்ஸ் என்ற வளர் நிலை உறுப்புகளில் எது துண்டப்படுகிறதோ அதன் விளைவாக ஆண், பெண் இன உறுப்புகள் வளர்கின்றன என்று கண்டுள்ளனர். பால் குரோமோசோம்களினால் ஆரம்ப நிலையில் ஏதுவும் செய்ய முடிவதில்லை.

மெடுல்லா→ ஆண்டரோஜெனிக்→ விந்துசுரப்பி→ விந்து
இண்டக்டார்

கார்ட்டெக்ஸ்→ கைஞேஜெனிக்→ அண்டசுரப்பி→ அண்டம்
இண்டக்டார்

இனஉறுப்புகள் ஒரு நிலைக்கு வளர்ந்த பின்னே பாற்குரோமோசோம்கள் தாங்கள் வேலையைச் செய்கின்றன. இப்பகுதியில் தான் செல் பாகுபாடுகளை மரபியல் கோட்டில் (genetic code) வெளிப்படுத்துகின்றன. அதாவது மரபியல் படி ஆண் அல்லது பெண் இன உறுப்பாக இருந்தாலும், தூண்டப்படும் நிலையைப் பொருத்து மற்ற வேறுபாடுகள் நிகழ்கின்றன.

மரபியல்படி ஆண் வளர்கரு→ மெடுல்லாவின் மேலாட்சி→ விந்து சுரப்பி

மரபியல்படி பெண் வளர்கரு→ கார்ட்டெக்ஸ் மேலாட்சி→ அண்ட சுரப்பி

மெடுல்லா சுரக்கும் ஹார்மோன் கார்ட்டெக்ஸை அழுத்தி வளர விடாமலும் அல்லது மற்றதும் அவ்வாறு பிரிதொன்றை அழுத்தவும் கூடும். இதனுல் ஹார்மோன்கள் வளர்தல் நிலையிலே தங்கள் வேலையைக் காட்டுகின்றன. இடைநிலைப்பாலிகள் உண்டாவதற்கும் பாற்குரோமோசோம்களுடன் ஹார்மோன்களும் சம்பந்தப்படுகின்றன என்று முன்பே கூறினேும்.

டுரோசோஃபைலாவின் ட்ராஜீன்கள் (tragenes) அதாவது டிரான்ஸ்ஃபார்மர் ஜீன் (transformer gene) மூன்ருவது குரோமோசோமில் அமைந்துள்ளது. இது ஒத்த கரு முட்டையில் (டிப்ளாய்டு பெண் பூச்சியை) மலட்டு ஆண்களாக மாற்றுகிறது. தோற்றவழியில் (X/X tra/tra) பூச்சிகள் சாதாரண ஆண் பூச்சி போன்றிருந்தாலும், விந்து சுரப்பி சிறிதாகவே இருக்கும். பால் வீதத்தை இந்த ட்ராஜீன் பாதிக்கிறது.

18. இனக் கூட்ட மரபியல்
அல்லது
இனத்தொகைகளில் பரம்பரையியல்

(Population Genetics or Heredity in Population)

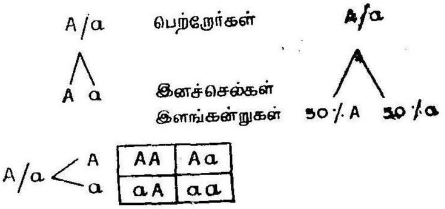
இனக்கூட்ட மரபியல் என்பது ஓர் இனக்கூட்டத்தில் ஒரு ஜீனின் நிகழ்வெண்ணைப் பற்றிப் படிப்பதாகும். இதுவரை கட்டுப்பாட்டுடன் இனக்கலப்புச் செய்த வழித்தோன்றிகளைப் பற்றிக் கூறினோம். ஆனால் நியதியற்ற (random) முறையில் இனக்கலப்புச் செய்யும் கூட்டத்தைப்பற்றி ஆராய்வோம்.

இனக்கூட்ட மரபியல்பற்றி அறிந்துகொள்ளச் சில அடிப்படை மரபியல் எழுத்துக் கணிதத்தைத் (genetic algebra) தெரிந்து கொள்ளவேண்டும். 1908 ஆம் ஆண்டு ஜி. எச். ஹார்டி (G. H. Hardy) என்னும் இங்கிலாந்து நாட்டுக் கணித மேதையும், டாக்டர். வியன்பர்க் (Weinberg) எனும் ஜெர்மன் நாட்டு மருத்துவரும் தனித்தனியே மெண்டலின் ஜீன்கள் எவ்வாறு ஓர் இனக்கூட்டத்தில் இயங்குகின்றன என்று தெளிவுபடுத்தினார்கள். பேட்டிசனும் (W. Bateson), மற்றவர்களும், கட்டுப்பாட்டுற்று இணங்கிய சோடிகளை இனச்சேர்க்கை செய்து அவர் கண்ட விகிதங்களிலேயே மேலும் பல முடிவுகளைக் கண்டனர். ஆய்வுக்கூடத்தில் உண்டாக்கப்படும் இன அமைப்புகளைவிட, பல்வேறு தோற்றவழி அமைப்புக்களை இயற்கைக் கூட்டத்தில் பார்க்கிறோம். இக்கூட்டத்தில் காண்பவையாவும், அல்லீல் ஜீன்களினுடைய நிகழ்வெண்களின் (gene frequency) சுழற்சியே ஆகும். இதனால் பல்வேறுபட்ட இன அமைப்புக்கள் அச்கூட்டத்தில் காணப்படுகின்றன. இவற்றைக் கொண்டு ஹார்டியும், வியன்பர்க்கும், அக்கூட்டத்தின் நிகழ்வெண்களுக்கிடையே சமநிலையைக் காட்டினர் (equilibrium).

ஒத்த கருமுட்டைகளின் இனக்கலப்பிலிருந்து கிடைக்கும் பரம்பரையைக் கணக்கிட்டால், அதாவது **A, a** ஜீன்களின் இனக் கலப்பில் (A/A+a/a) கீழ்க்கண்டவாறு வழித் தோன்றிகள் (இளங்கன்றுகள்) அமைகின்றன. அட்டவணையைக் கவனிக்க.

	மரபுவழி யமைப்பு	ஜீன்கள்	ஒவ்வொன்றின் விகிதம்
P	A/A × a/a	2A 2a	எல்லாம் A எல்லாம் a
F_1	A/a	A. a	$^1/_2$ A : $^1/_2$ a
F_2	1 A/A 2 A/a 1 a/a	2A Oa 2A 2a OA 2a	$\frac{1}{4}$ A Oa $\frac{1}{4}$ A $\frac{1}{4}$a OA $\frac{1}{4}$a
மொத்தம் F_2		4A 4A	$^1/_2$ A : $^1/_2$ a

மேற்கூறியவற்றையே ஒவ்வொரு கருமுட்டைகளைக் கொண்ட பெற்றோர்களைக் கொண்டு விளக்கினால் கீழ்க்கண்டவாறு தெளிவுறும் (கட்டப் பலகை மூலம் விளக்குதல்).



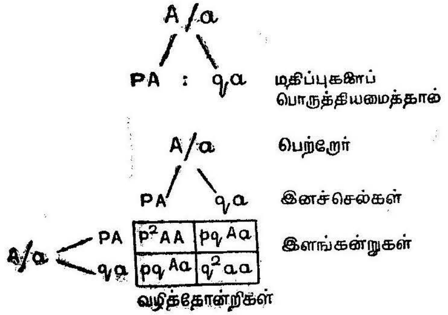
இதைக் கீழ்க்கண்டவாறு நிகழ்வெண்களைக் கொண்டு மாற்றி விளக்கலாம்.

A அல்லீலின் நிகழ்வெண் = **P**

a அல்லீலின் நிகழ்வெண் = q என்று **கொண்டால்**

மொத்தக் கருமுட்டைகள் = $P^2(AA) + 2Pq\ (Aa) + q^2\ (aa)$ இதுவே ஈருறுப்பு விரிவாகும் (binomial expansion). ஆகவே ஓர் இனக்கூட்டத்தில் ஏற்படும் நியதியற்ற இனக்கலப்பினால்

(random mating) பிறந்த இளங்கன்றுகளின் (offspring) நிகழ்வுத்தகவை (probability) மேற்கண்ட சமன்தொடர் (equation) விளக்குகிறது.



மரபுவழித் தோன்றிகள் (progeny) எவ்வாறு நிகழ்கின்றன என்று விளக்குவதற்கு இவ்விதக் கட்டப்பலகை பயன்படுகிறது. விந்துக்களும், அண்டங்களும் ஜீன்களை எடுத்துச் செல்கின்றன.

இதில் PA என்பது விந்துக்கள் எடுத்துச் செல்லும் நிகழ்வுத் தகாவாகவும், கொண்டு விளக்கப் பட்டிருக்கிறது. விந்துவும், அண்டமும் A அல்லீலை எடுத்துச் செல்கின்றன. இதனால் A அல்லீல் உள்ள விந்துவும், A அல்லீல் உள்ள அண்டமும் கருத்தரித்தால் P^2 AA என்பது உண்டாகும். அவ்வாறே A அல்லீல் உள்ள விந்துவும், a அல்லீல் உள்ள அண்டமும் கருத்தரித்தால் Pq Aa உண்டாகும்.

ஆனால் Aa மரபுவழித் தோன்றிகளின் நிகழ்வுத்தகவுகளைக் கொடுப்பதில்லை. ஏனெனில் மரபுவழித் தோன்றிகள், a எடுத்துச் செல்லும் விந்துக்கள் A எடுத்துச் செல்லும் அண்டத்துடன் சேர்ந்து உண்டாகவும் செய்யும். ஆகவே Aa மரபுவழியமைப்பு இரு முறைகளில் தோன்றுகிறது. ஒவ்வொன்றும் Pq Aaஐ உண்டாக்குகிறது. மொத்தத்தில் 2 Pq உண்டாகிறது.

ஆகவே மூன்றுவகை மரபுவழி அமைப்புக்கள் உண்டாகின்றன.

$\frac{AA}{P^2}$ $\frac{Aa}{2Pq}$ $\frac{aa}{q^2}$ A A= ஒத்த் கருமுட்டையின் நிகழ்வுத் தகவு P^2

A a= ஒவ்வாக் ” ” ” 2 Pq

a a= ஒத்த ” ” ” q^2

$P = q = 0.5$ என்பது நிகழ்வெண்ணாகும் (frequency). இதையே சமன்பாட்டில் கூறினால் $P^2 + 2Pq + q^2 = 1$ என்றாகும். இரண்டு அல்லீல்கள் மட்டும் செயற்பட்டால் அல்லீல்களின் நிகழ்வெண்கள் P, q என்று ஆகும்.

$$P + q = 1$$

$$P = 1 - q$$

Pயின் மதிப்பு மேற்கூறிய சமன்பாட்டுத் தோற்றத்தில் பொருத்தினால்

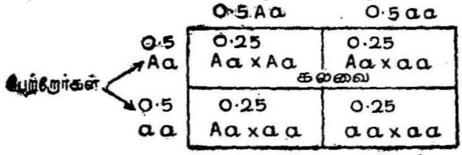
$(1-q)^2 + 2q(1-q) + q^2$: (இதைக்கொண்டு ஒரு செடி அல்லீல்களின் ஜீன் நிகழ்வெண்களைக் காணலாம்.) மேலும் கீழ்க்கண்ட நிபந்தனைகளைப் பூர்த்திசெய்தனவாகவும் இருக்கவேண்டும்.

1. எல்லாப் பெற்றோர்களும் ஒவ்வாக் கருமுட்டைகளாக (heterozygotes) இருக்கவேண்டும்.

2. இருவகை இனச் செல்களும் ஒத்த நிகழ்வெண்களையே மரபுவழிக் கடத்திகளாக (transmit) இருக்க வேண்டும்.

3. இனச் செல்களின் கலப்பு முழுதும் நியதியற்றனவாக (random) இருக்கவேண்டும்.

இம்முறை, இருவித இனச் செல்கள் சமமற்ற நிகழ்வெண்களில் உண்டாகும்போது காணப்படுகிறது. பெற்றோர்கள் ஒத்த வகுப்பாக இராமல், (ஒவ்வாதனவாக) இருக்கும்போது (அதாவது ஒரே ஜீனிணைப்பாக இல்லாதிருந்தால்) நடைபெறுகிறது. குன்றல் பிரிவு இயற்கைக்கு மாறாக நிகழ்ந்தால் இதுவும் நடைபெறும். எடுத்துக்காட்டாக ஒரு சோதனை நடத்துவதாகக் கொள்வோம். பெற்றோர்களின் மரபுவழி அமைப்பு A/aயும், a/aயும் ஆகவும், அவற்றிற்குச் சமவாய்ப்பு இருப்பதாகவும் கொள்வோம். அவ்வாறு கொண்டால் அவற்றிற்கு ஏற்படும் நிகழ்வெண்ணைக் கட்டப்பலகை மூலம் விளக்கலாம்.



இதில் மூன்றுவிதக் கலவைகள் நிகழ்கின்றன.

Aa × Aa = 0. 25

Aa × aa = 0. 50

aa × aa = 0. 25

ஒவ்வொரு கலப்பின் மூலம் கிடைக்கும் சந்ததிகளைக் கட்டப் பலகைமூலம் அறியலாம். இச்சோதனையில் எல்லாவற்றையும் ஒன்ருக நோக்கினுல், கீழ்க்கண்ட வகைகளையும், வழித் தோன்றிகளின் நிகழ்வெண்களையும் காணலாம்.

கலவை (mating)	நிகழ்வெண் (frequeney)	வழித்தோன்றிகளின் நிகழ்வெண் (frequencies of progeny)		
		AA	Aa	aa
Aa × Aa	0. 25	0. 0625	0. 1250	0. 0625
Aa × aa	0. 50	—	0. 2500	0. 2500
aa × aa	0. 25	—	—	0. 2500
மொத்தம்	0. 0625	0. 0625	0. 3750	0. 5625

இதையே வேறு ஓர் எளிய முறையிலும் விளக்கலாம். இதற்குக்கலவை, நியதியற்ற முறையில் (random mating) நடைபெறுவதாகக் கொள்ளவேண்டும்.

இச்சோதனையில் Aaயும், aaயும் பெற்ருேர்கள் சம அளவில் இருப்பதாகவும். அவை சம அளவே இனச்செல்களை உண்டாக்குவதாகவும் கொள்ளவேண்டும். அவ்வாறு கொண்டால் அவர்களிடமிருந்து வெவ்வேறுவித இனச் செல்கள் உண்டாவதின் நிகழ்வெண்களாவன:

0.5Aa + 0. 5 aa

0.25A : 0.25a (0. 5a)

0. 25A: 0. 75a

இவற்றின் மதிப்பை இருவித இனச் செல்களில் (conjoint frequencies of types of gametes). கட்டப் பலகையால் விளக்கி

பெற்றோர்கள்

பெற்றோர்கள்	0·25 A	0·75 a
0·25 A	0·0625 AA	0·1875 Aa
0·75 a	0·1875 Aa	0·5625 aa

இம்மூன்று வழித் தோன்றிகளின் மரபுவழி அமைப்புக்களின் நிகழ்வெண்கள்:

AA	Aa	aa
0.0625	0.3750	0.5625

இவ்வெண்களும் முன்பு செய்த முறையின் முடிவுகளை ஒத்தே இருக்கின்றன. இதையே இன்னும் எளியமுறையில் விளக்க வேண்டுமென்றால், ஒரு பெற்றோரின் இனத்தொகையில் மூன்றுவித மரபுவழி யமைப்புக்கள் இருப்பதாகக் கொண்டால்

பெற்றோர்கள் 0.1 AA ; 0.8 Aa : 0.1aa

இனச்செல்கள் (0.1A)+(0.4A : 0.4a) +(0.1a)

இனத்தொகையின் இனச்செல்களின் நிகழ்வெண்கள் } 0.5A:0.5a

நாம்முன்பே கீழ்க்கண்டவாறு ஒப்புத்தகவெண்களைக் கண்டறிந்தோம்.

AA	Aa	aa
0.25	0.50	0.25

Aa×aa குறுக்குக் கலவைசெய்தால் இதே முடிவுகள் தாம் வரும். ஆகையால் நாம் அடையும் முடிவாவது: குறுக்குக் கலவையிலிருந்து நிகழ்வெண்கள் அடைவதில்லை என்றும். பெற்றோர்களின் மரபியல் அமைப்புக்களிலிருந்துதான் அவ்வெண்களைப் பெறுகிறோம் என்றும் தெரியவருகிறது.

மேற்கூறியவையாவும் வெறும் கணக்குப்புள்ளிகளே என்றிருந்தாலும் மரபியல் கணக்குக்களுக்கு இழுத்துச் செல்கின்றன என்றும் விளங்குகிறது. ஆகவே பலவித மரபுவழி அமைப்புக்களில் நிகழ்வெண்களைக் கொண்டு ஓர் இனத்தொகையை விளக்

கலாம்; அல்லது பலவித இனச் செல்களின் நிகழ்வெண்களைக் கொண்டும் விளக்கலாம். அந்த இனத்தொகை இனப்பெருக்கம் செய்யும் யூனிட்டாக இருக்கவேண்டும்,

ஒருசோடி ஜீன்கள் இருவித இனச்செல்களை உண்டாக்கலாம் என்று கொண்டால் அவை **pA** : qa என்ற இரு விகிதத்தில் அவற்றை உண்டாக்குகின்றன. இதையே கட்டப்பலகையில் குறித்தால்

இனச்செல்கள்

	pA	qa
pA	$p_2 AA$	$pq\ Aa$
qa	$q\ Aa$	$q^2\ aa$

வழித்தோன்றிகள்.

இவற்றிலிருந்து உண்டாகும் மூன்று மரபியலமைப்புக்களின் நிகழ்வெண்கள் $p^2(AA) : 2\,pq(2Aa) : q^2(aa)$

பெற்றோர்களின் இனச்செல நிகழ்வெண் } $pA : qa$

வழித்தோன்றிகளின் நிகழ்வெண்கள் } $p^2(AA) : 2pq\,(2Aa) : q^2(aa)$

மரபுவழித்தோன்றிகளின் இனச்செல்களின் நிகழ்வெண்கள் } $p^2 A + pqA : pqa + q^2 a$

இதையே ஹார்டி, வியன்பர்க் (**Hardy and Weinberg**) என்ற இரு விஞ்ஞானிகள் விளக்கும் வாயிலாகக் கீழ்க்கண்டவாறு கூறினர்கள். "வழித் தோன்றிகள் உண்டாக்கும் இனச் செல்களும் ஆக இரண்டின் இரண்டு அல்லீல்களின் ஒப்பிட்டு நிகழ்வெண்கள் ஒத்தனவே" என்பதாகும்.

ஹார்டி-வியன்பர்க் விதி

இவ்விதியின் இரு கூறுகளாவன

1. இரண்டு அல்லீல்களின் ஒப்பீட்டு நிகழ்வெண்கள் ஒரு **வழி**த்தோன்றிருக்கும், மற்றொன்றிற்கும் மாருத நிலையில் இருக்**கின்றன.**

2. மூன்று மரபியல் அமைப்புக்கள் சமநிலையில் இருக்கும் இனத் தொகைகளின் தற்பெருக்க (quadriatic proportion) வீதத்தில் நிகழ்கின்றன.

மெண்டல் கண்ட 3 : 1 என்ற தோற்றவழி அமைப்பு வீதத்தின் அதாவது 1 : 2 : 1 என்றி மரபியலமைப்பு வீதத்தின் நிகழ்வெண்ணை மேற்கண்ட விதிப்படி கீழ்க்கண்டவாறு விளக்கலாம். P= q= 0. 5 என்று கொள்ளும் போது P^2(AA) : 2 Pq(2Aa): q^2(aa) என்பதைப் பொதுவாகக் கொள்ளலாம். எடுத்துக் காட்டாக மனித இரத்த வகுப்புக்களைக் (M—N வகுப்பு) கொண்டு விளக்குவோம். இவ்வகுப்பில் மூன்றுவித மரபியல் அமைப்புக்கள் (MM, MN, NN,) உண்டு. இம் மூன்றையும் தனித்தனியே புரிந்து கொள்ளமுடியும். ரேஸூம், சேங்கரும் (Race and Sanger) ஆங்கிலேயர்களின் இனத் தொகையைப் பயன்படுத்தி நிகழ்வெண்களைக் கண்டுள்ளார்.

M	MN	N	Total
363	634	282	1279

இம்மூன்றும் M, N என்ற இரண்டு அல்லீல்களின் பிரிவே ஆகும். இவற்றிற்கிடையில் கலவை நியதிக்கு மாருக நடைபெறுவதாகக் கொண்டால் அவற்றின் இனத்தொகை தற்பெருக்க வீதத்தில் இருக்கும். அவற்றின் ஒப்பீட்டு நிகழ்வெண்களாவன :

MM	MN	NN
28. 4%	49. 5%	22%

MM மரபியல் அமைப்புக்களுள்ள நபர்கள் 28. 4% இனச் செல்களை உண்டாக்குகிருர்கள். அவ்வினச் செல்களில் M ஜீன்கள் தாம் இருக்கும். MN மரபியல் அமைப்புள்ள நபர்கள் 45. 9% இனச் செல்களை உண்டாக்குகிருர்கள். அவற்றில் பாதி M ஜீன்களைக் கொண்டதாக இருக்கும். ஆகவே M ஜீனைக்கொண்ட அளவினச் செல்களின் நிகழ்வெண் :

$$28.4 + 24.7\% = 53.1\%$$

அவ்வாறே மற்றவற்றிற்குக் கணக்கிட்டால், N ஜீன்களைக் கொண்ட இனச் செல்களின் நிகழ்வெண் :

$$24.7 + 22.1\% = 46.8\%$$

எதிர்பார்த்த தற்பெருக்க விகிதங்களாவன ,

$$(0.53)^2 : -(0.53 \times 0.17) : (0.47)^2$$
$$= 0.28 : 0.50 : 0.22$$

இவற்றை நபர்களின் எண்ணிக்கையாக மாற்றினால் எதிர் பார்க்கும் ஒவ்வொரு மரபியல் அமைப்புக்களாவன:

M	MN	N	
361	637	281	எதிர்பார்த்தது
363	634	282	உண்மையாகக் கிடைத்தது.

இவ்விரண்டும் மிக நெருக்கத்திலேயே இருக்கின்றன. ஸ்டெர்ன் (Stern 1960) தாம் எழுதிய நூலில் M-ம், N-ம் ஜீன் களின் நிகழ்வெண்கள் தற்பெருக்க விதத்தில் இருப்பதாகக் கூறி யுள்ளார்.

	M	MN	N	PM	qN	
ஆஸ்திரேலியப்	3.0	29.6	67.4	0.18	0.82	1 உண்மையானது
பழங்குடி மக்கள்	3.	229.3	67.6	ʼʼ	ʼʼ	2. எதிர்பார்த்தது
V. S அமெரிக்க	29. 2	49. 6	21. 3	0. 54	0. 46	1.
வெள்ளையர்கள்	29. 2	49. 7	21. 2	ʼʼ	ʼʼ	2.
அமெரிக்க	60. 0	35. 1	4. 9	0. 78	0.22	1.
இந்தியர்கள்	60. 2	34. 8	5. 0	ʼʼ	ʼʼ	2.
எஸ்கிமோக்	83. 2	15. 6	0. 9	0. 91	0. 09	1.
கள்	83. 4	15. 0	0. 8	ʼʼ	ʼʼ	2.

இது ஹார்டி - வியன்பர்க் விதியின் இரண்டாம் பகுதிக்குத் தக்கதாக இருக்கிறது. இம்மூன்று மரபியல் அமைப்புக்கள் தற் பெருக்க விதத்தில் இருக்கின்றன. மேலும் நிலையான திடீர் மாற்றங்கள் புலம்பெயரல், தன் இனப் பெருக்கம், தேர்வு போன்றவற்றின் விளைவுகள் எவ்வாறு ஜீன்களின் நிகழ்வெண்களை மாருத நிலையில் வைத்திருக்கின்றன என்றும் மரபியல் அமைப்பு நிகழ்வெண்கள் தற்பெருக்க விதத்தில் எவ்வாறு நிகழ்கின்றன என்றும் ஆராயப்பட்டு வருகின்றன.

ஜீன் நிகழ்வெண்ணும் தோற்றவழி அமைப்பு நிகழ்வெண்ணும்

(Gene Frequency and Phenotype Frequency.)

மெண்டலின் இனக்கூட்டத்து ஜீன் தொகுதியின் (gene pool) ஒரு ஜீனின் நிகழ்வெண்ணைத் தோற்றவழி அமைப்புகளைக்கொண்டு கணக்கிடலாம். அமெரிக்கர்களில் தோராயமாக 70% மக்கள் பிடிசி (PTC) கசப்பை உணந்தவர்களாவர் என்றும், 30% கசப்பை உணராதோர் என்றும் கணக்கிடப்பட்டுள்ளது.

228 அமெரிக்கப் பல்கலைக் கழக மாணவர்களைப் பீனைல்தயோ கார்பமைட் என்ற (PTC = phenyl thio carbamide) உப்பை ருசிக்கச் செய்து கீழ்க்கண்ட முடிவுகளைக் கண்டனர்.

கசப்பையறியாதவர்களின் எண்ணிக்கை 160 (70%)

கசப்பை உணர்ந்தவர்கள் 68 (30%)

T = ஓங்கிய ஜீன் ருசித்தோர் (taster)

t = ஒடுங்கிய ஜீன் ருசியார் (non-taster)

ருசித்தோர்களில் இரண்டுவகை மரபுவழி அமைப்பை உடையவர்கள் உண்டு.

ஒன்று TT என்ற மரபு வழி அமைப்பு
மற்றது Tt என்ற மரபு வழி அமைப்பு

ருசி உணராதோர். tt என்ற மரபு வழி அமைப்பை மட்டும் கொண்டவர்கள்.

ஒத்த கரு முட்டை ஒடுங்கிய தோற்றவழி அமைப்பு = t t (homozygous recessive phenotype) இங்கு ஹார்ட்டி-வியன்பர்க் நியதியைப் பயன்படுத்தலாம்.

tt (q^2) = 68. இது மொத்த இனக்கூட்டத்தில் 0. 30 பங்கைக் குறிக்கிறது.

	ருசிப்போர்	ருசியார்
தோற்றவழியமைப்பு	TT + Tt	tt
நிகழ்வெண்	0. 7 (p)	0. 3 (q)

$$p + q = 1 \text{ (i.e.)}$$

$$p^2 \text{ (TT)} : 2pq \text{ (2Tt)}. \ q^2 \text{ (tt)}$$

$$q_2 = 0.30$$

$$q = \text{V } 0.30$$

$$q = 0.55$$

இங்கே இரண்டு அல்லீல்கள், அதாவது T, t என்பன தெரிவதால் ஓங்கிய அல்லீல் = T என்பது புலனாகிறது.

Tயின் நிகழ்வெண் $p = 1 - q$

$= 1 - 0.55$

$= T - 0.45$

Tயின் நிகழ்வெண் $= 0.45$

tயின் நிகழ்வெண் $= 0.55$

மேற்கூறிய வீதத்தில் பொருத்தினால்

$p^2 TT : 2pq\ Tt : q^2 tt.$

$(0.45)^2 ; 2(0.45 \times 0.55:0.55$

$0.2 : 0.5 : 0.3 = 1$

ஜீன் நிகழ்வெண் தெரிந்தால் இனக்கூட்டத்தில் அடுத்து ஒன்று போல் நிகழும் தனிக்கூறுகளைக் (traits) கணக்கிடலாம்.

ஒரு குறிப்பிட்ட இடத்தில (locus) உள்ள இரண்டு அல்லீல்களை மட்டும் கணக்கிடும் போது $p+q = 1$ என்ற சமன்பாட்டைப் பயன்படுத்துகிறோம்.

ஆனால் பல அல்லீல்களைக் கணக்கிடும்போது அதற்கேற்ற குறிகளைச் சமன்பாட்டில் சேர்க்க வேண்டும். மனிதனின் இரத்த வகைகள் A, AB, a என்ற அல்லீல்களை உடையன. இவற்றின் நிகழ்வெண்களை முறையே p, q, r என்று குறிக்க. ஆதலால் $p+q+r = 1$ என்ற சமன்பாட்டை விவரிக்க. பல்கூட்டு அல்லீல்களைக் கணக்கிடும் போது

$p+q+r = 1$ என்ற சமன்பாட்டைப் பயன்படுத்துக. இதனால் ஹார்டி - வியன்பர்க் சமநிலையானது, p^2 AA + q^2 AB AB + r^2 a a +...... 2pq AAB + 2 pr 2 Aa + q r^2 Aa = 1 என்ற விரிவைக் கொள்ளும். இது மனித இரத்த வகையைக் கொண்டு மக்கள் தொகையைக் கணக்கிடப் பயன்படும்.

மரபியல் சமநிலை (Genetic Equilibrium)

ஹார்டி-வியன்பர்க் விதிப்படி ஓர் இனக்கூட்டத்தில் தனித்துப் பிரிந்து ஒதுங்கும் அல்லீல்கள் தங்களிடையே ஒரு சம நிலையை உருவாக்குகின்றன. உதாரணமாக இரத்த வகுப்பு அல்லது குறுகிய கொம்பு கால் நடைகளைக் கொண்டு விளக்கலாம். இரத்த

வகுப்புகளை எடுத்துக் கொண்டால் 'O' அல்லீல் வகுப்பு இரத்தத்தின் நிகழ்வெண் pஆகவும், Aயின் நிகழ்வெண் qஆகவும் கொள்க. இந்தப்புனைவுக் கோளியலில் (hypothetical) B அல்லீல் இல்லை என்று கொள்ளவேண்டும். மேலும் O வகுப்பு A வகுப்புடன் u நிகழ்வெண்ணுடன் நிலையான திடீர்மாற்றம் (mutation) செய்வதாகவும், A வகுப்பு O வகுப்புடன் v நிகழ்வெண்ணுடன் நிலையான திடீர்மாற்றம் செய்வதாகவும் கொள்ளவேண்டும். அவ்வாறு கொண்டால் அவை pu = qv என்றாகும். O அல்லீல்கள் A ஆக மாற எவ்வளவு நிலையான திடீர்மாற்றம் ஏற்படுகிறதோ அவ்வளவு முறை A அல்லீல்கள் O ஆக மாற நிலையான திடீர் மாற்றங்கள் நிகழ்கின்றன என்றாகும். ஆனால் இனத் தொகை மட்டும் சமநிலையிலேயே இருந்திருக்கிறது. மேலும்,

$$p/q = \frac{u}{v}$$

$u = 1/100{,}000$ என்றும் $v = 1/50{,}000$ என்றும் கொண்டால்,

$$p/q = 1/50{,}000 / 1/10{,}0000 = 2.0.$$

O வகுப்பின் நிகழ்வெண் $p = 0.66$

A வகுப்பின் நிகழ்வெண் $q = 0.33$

O வகுப்பு A ஆக நிலையான திடீர்மாற்றம் ஏற்படும் போது A, O ஆக மாறும் அளவில் பாதியளவேயாகும். O அல்லீல்கள் இருப்பது போல் இருமடங்கு A அல்லீல்கள் இருந்தாலும் அவை சமநிலையடையும். இதையே எடுத்துக் கணித முறையில் விளக்கினால்,

O ——→A அல்லது A——→O என்றாகும்.

செவால்ரைட் (Sewall Wright 1917) என்ற இனக்கூட்ட மரபியல் வல்லுநர், கால்நடைகளில் பலவிதக் கலப்புக்களினால் காணும் தோல் நிறத்தை (சிவப்பு R/R வெள்ளை W/W கபிலை நிறம் R/W) விளக்கினார். ஃபிஷ்ஷர் (R. A. Fisher 1890–1962) என்பவரும் கணிதமுறையை இனக்கூட்ட மரபியலில் புகுத்தி விளக்கினார்.

ஜீன்களின் நியதியற்ற எதிர்பாரா மாற்றம் (Random Genetic Drift)

சிறு இனக்கூட்டத்தில் ஜீன்களுக்கு எதிர்பாரா வாய்ப்பு மாற்றங்கள் ஏற்படுவதால் ஜீன் நிகழ்வெண்களில் ஜீன் விகிதம் மாறுகிறது. அக்கூட்டம் சேய் பெருக்கும் திறன் உடையதாய் இருக்கவேண்டும். மேலேகூறியபடி ஜீன்களின் நிகழ்வெண் மாற்றங்கள், ஜீன்களின் நியதியற்ற எதிர்பாரா மாற்றம் என்று

கூறலாம். மிகப்பெரிய இனக்கூட்டத்தில் ஜீன்களின் எதிர்பாரா மாற்றத்தின் பலனைக் (effect of genetic drift) கணக்கிட வேண்டியதில்லை. ஏனென்றால் அது மிகக் குறைவு. ஆனால் சிறு சேய்ப் பெருக்கமுள்ள இனக்கூட்டத்தில் பரம்பரை வழித்தோன்றிகளின் மரபியல் அமைப்பு மாறுபடுகிறது. ஏனென்றால் இது ஜீன்களின் ஒழுங்குவாய்ப்பு முறை தவறுவதால் ஏற்படுகிறது.

இனக் கூட்டம் பெரியதாகவும், வாய்ப்புத் தவறுதல் குறைவாகவும் இருந்தால் ஜீன் நிகழ்வெண்ணில் எந்தவித மாற்றமும் ஏற்படாது. ஆனால் சிறு இனக் கூட்டத்தில் ஏற்படும் ஜீன் நிகழ்வெண்வாய்ப்பு முறிவுகள் பெரும் மாறுதல்களை உண்டாக்குகின்றன. அதாவது அல்லீல் புதுத்தோன்றிகளை நிலைபடுத்துகிறது என்பதாகும்.

தேர்வுக் குணகம்
(Selection Coefficients)

ஹேல்டேன், ஃபிஷர், ரைட், லி, போன்றவர்கள் கணித முறையில் படி மலர்ச்சியை விளக்கியுள்ளனர்.

ஒரு A என்ற ஓங்கும் அல்லீலுக்கு நிகழ்வெண் q என்று கொண்டால், a என்ற ஒடுங்கும் அல்லீலுக்கு அது $1-q$ ஆகும். இது ஜீன் கூட்டத்தில் நியதியற்ற சேய்பெருக்கத்தில் காணப்படுகிறது. ஈருறுப்பு தேற்றவிதிப்படி (binomial therom) இனக் கூட்டத்தில் மூன்று வகை மரபு வழியமைப்புகளும் நிகழ்வெண்கள் (முன்பு கூறப்பட்டபடி)

$$q^2 AA + 2q(1-q) Aa + (1-q)^2 aa = 1$$

தழுவுதல் மதிப்பு (adaptive value) (W) என்றும் அதாவது ஓங்கும் அல்லீல்களின் A A, Aa மதிப்பு ஒன்றாகும். a a என்ற ஒடுங்கும் அல்லீலுக்கு (1-S) ஆகும். ஓங்குவன உண்டாக்கும் ஒவ்வொரு யூனிட் இளங்கன்றுகளுக்கும் ஒடுங்குவன, (1-S) இளங்கன்றுகளை உண்டாக்குகின்றன. இங்கு மதிப்பு S என்பது தேர்வுக் குணகம் ஆகும். மூன்று மரபு வழித் தோற்றங்களின் நிகழ்வெண்கள் (தேர்விற்குபின்னும் முன்னும்).

மரபுவழித் தோற்றம்	AA	Aa	aa	மொத்த இனத் தொகை
தழுவுதல் மதிப்புகள் (W)	1	1	1-S	W
ஆரம்ப நிகழ்வெண்	q^2	$2q(1-q)$	$(1-q^2$	1
தேர்விற்குப்பின் நிகழ்வெண்	q^2	$2q(1-q)$	$(1-S)(1-q^2$	$1-S(1-q)^2$

அடுத்த சந்ததியில் A ஜீனின் நிகழ்வெண் $q^1 =$

$$q^1 = [q^2 + q\ (1-q)] / [1-S\ (1-q)^2] = q / [1-S(1-q)^2]$$

ஒரு சந்ததியில் A ஜீனின் நிகழ்வெண்ணின் கூடுதல்

$\triangle q$ ஆகவே

$$\triangle q = Sq\ (1-q)^2 / [1-S\ (1-q^2]$$

ஒரு மூல இனக்கூட்டத்தில், A ஜீனும் a ஜீனும் சமமாக நிகழ்ந்ததல் $q = (1-q) = 0.5$

ஓங்கும் அல்லீல்களின் (AA & Aa) நிகழ்வெண் *1* என்றால் (aa) என்ற ஒடுங்கும் அல்லீல்களின் நிகழ்வெண், '*0*' (மடியும் சுருங்கும் அல்லீல் (recessive lethal) *0.4* = (அரைவாசி மடியும் semi-lethal) அல்லது *0.9* அல்லது *0.99* (துணை வைட்டல் -subvitals) அல்லது *1.5* (சூப்பர் வைட்டல் supervital) அடுத்த சந்ததியில் A ஜீனின் நிகழ்வெண்ணும் அதன் உயர்த்தப்படியும் கீழே தரப் பட்டுள்ளது.

தழுவுதல் மதிப்பெண்	(W)	0	0.4	0.9	0.99	1.5
தேர்வு குணகம்	(S)	1.0	0.6	0.1	0.01	−0.5
தேர்விற்கு பின் (q1) ஒரு சந்ததியின் நிகழ்வெண்		0.67	0.58	0.518	0.5012	0.44
ஜீன் நிகழ்வெண் கூடுதல் மதிப்பு		+0.17	+0.08	+0.0128	0.0012	−0.056

ஒரு சிறிய தேர்வுக் குணகத்திற்கு (S) கெடுதல் விளைவிக்கக் கூடிய ஒடுங்கும் அல்லீல் qo விலிருந்து qn என்று மாற்றுவதற்குரிய நிகழ்வெண், (n) சந்ததிகளுக்குரிய சூத்திரம்

$$nS = \frac{qo - qn}{qoqn} + \log e \left(\frac{qo}{1-qo} \, \frac{1-qn}{qn} \right)$$

சிறப்பாக சிலவற்றில் பூரண தேர்வு என்பது $S = 1.0$ ஆகும் இது ஒடுங்கும் அல்லீலுக்கு எதிராக உள்ளது. இந்த சூத்திரத்தைச் சுருக்கிக் கூறினால்.

$$qn = qo / (1 + nqo)$$

ஆரம்ப இனக்கூட்டத்தில், ஒரு குறித்த செறிவுள்ள தேர்வின் திறலம் அந்த ஜீனின் நிகழ்வெண்ணைப் பொருத்தது. ஒடுங்கும் அல்லீல் ஜீன் கெடுதி பயக்கும் கூருக இருக்க நேர்ந்தால், அது ஒவ்வொரு சந்ததியிலும் படிப்படியாக நீக்கப்படுகின்றன.

மேற்கூறிய சூத்திரம், மியூட்டேஷன் நிகழவில்லை என்ற அடிப்படையில் தோன்றியுள்ளது. மியூட்டேஷன் நிகழ்கிறது என்பதை அடிப்படையாகக் கொண்டால் தேர்வை மெதுவாகவோ, வேகமாகவே நிகழச் செய்யும். நிகழ்வெண் ஆரம்பத்தில் அதிகமாக இருக்கிறது; பின் போகப்போக அம்மியூட்டேஷனின் முக்கியத்துவம் குறைய ஆரம்பிக்கிறது. அடுத்த அதிகரிப்பு தேர்வு மூலமே நிகழ வேண்டும். அம்மியூட்டேஷனின் வீதம் அதிகமாக இருந்தால் ஒழிய அதிகரிப்பு நிகழாது. மியூட்டேஷன் Aயிலிருந்து aக்கு நிகழ்வதாகக் கருதிக் கொள்வோம். ($A \rightarrow a$) அதன் வீதம் 1: 1000,000 என்ருல், ஜீனின் தகவெண் $q = 0.000,001$யிலிருந்து $q = 000,002$க்கு ஒரே சந்ததியில் நிகழ்கிறது. ஆனல் இதுவே மியூட்டேஷனில் நிகழாதிருந்தால், ஒடுங்கும் அல்லீலுக்கு 321444 சந்ததிகள் பிடிக்கும். அவ்வமயம் தேர்வு அனுகூலம் 0.001 ஆக இருக்கும். எடுத்துக் காட்டினல் இதை விளக்குவோம். ஒவ்வொரு சந்ததியிலும் u வீதத்தில் A என்ற ஒங்கும் அல்லீல் a என்ற ஒடுங்கும் அல்லீலாக மியூட்டேஷன் மாற்றம் நிகழ்ந்தால்; ($A \rightarrow a$) அதன் ஒத்த ஒடுங்கும் அல்லீல்கள் aa தழுவுதல் மதிப்பு(adaptive value) $1 - S$ஆகும். இது ஒங்கும் அல்லீல்களின் மதிப்பை விடக் குறைவு. ஒடுங்கும் அல்லீலின் நிகழ்வெண் மாற்ற வீதம் தோராயமாக $\triangle (1-q) = hq\ Sq\ (1-q)^2$ சமநிலையை அடைவது என்பது மாற்ற மற்ற நிலையாகும் அதாவது $\triangle (1-q) = 0$. இந்த சமன் தொடர் (equation) நீக்கப் பெற்ருல், ஜீன் நிகழ்வெண்ணின் சமநிலை $(1-q) = \sqrt{u/s}$. இதே மியூட்டேஷன் சாதகமான ஒடுக்கும் நிலையிலிருந்து, சாதகமற்ற ஒங்கும் நிலைக்கு மாறினல் ($a \rightarrow A$) ஒவ்வொரு சந்ததிக்கு u வீதத்தில் சமநிலை $q = u/s$ என்று மாறும். மியூட்டேஷன் வீத u வின் மதிப்பு $10-5$ என்ருல், தேர்வுக் குணகம் $S = 10^{-3}$, சமநிலை மதிப்புகள் முறையே ஒங்கும் அல்லீல்களுக்கு 0.01ம், ஒடுங்கும் அல்லீலுக்கு 0.10 என்றும் ஆகும். சாதகமற்ற (unfavourable) ஒடுங்கும் மியூட்டண்ட்கள் இனக்கூட்டத்தில் சேர்த்துவைக்க நேரிடுகிறது. சாதகமற்ற (disadvantageous) ஓங்கும் அல்லீல்களின் நிலை போலவே இவைகளும் இருக்கின்றன.

19. ஹார்மோன்களும் ஜீன்களும்

(Hormones and Genes)

உயிர் செல்லின் செயல்கள் யாவும் ஜீன்களின் கட்டளையினுல் நடைபெறுகின்றன. பல செல் உயிரிகளில் செல்கள் ஒன்று சேர்ந்து திசுக்களாகி அத்திசுக்களை இயக்க அச் செல்கள் கூட்டுற வாக செயல்படுகின்றன. திசுக்களின் செயல்களை கட்டுப் படுத்துவது பற்றி சென்ற நூறு ஆண்டுகளாக உயிரியல் வல்லுநர் கள் ஆராய்ந்து வருகின்றனர். அதற்குத்தக்க சூழ்நிலையைக் கொடுத்தும், அவைகள் எவ்வாறு அச்சூழ்நிலைத் தழுவி அமைத்துக் கொள்கின்றன என்றும் கண்டனர். இவைகளைக் கட்டுபடுத்தும் செயலில் தலையாயதாக உள்ளது. ஹார்மோன்கள் என்று படிப்படி யாக உணர்ந்தனர். தனிச்செல்களின் செயல்களை ஜீன்கள் கட்டுப் படுத்துகின்றன. அந்த செல்கள்தான் சேர்ந்து திசுக்களாக இருக்கின்றன. அத்திசுக்கள் ஹார்மோனின் செயல் விளைவிற்கு உள்ளுணர்ச்சியை வெளிக்காட்டுகின்றன.

புதிய சோதனைச்சான்றுகள், இம்முக்கூற்று முடிவை(syllogism) முடிவுபடுத்த முடியும் என்று விளக்குகின்றன. ஹார்மோன்கள் ஜீனின் செயல்களை பாதிக்க முடியும் என்றும் தெரிகிறது. வெவ் வேறு இடங்களிலிருந்து சுரக்கும் ஹார்மோன்கள் அவைகளின் மாலிக்கூலார் அமைப்பு, உடற்செயலியல் போன்றவைகள், ஜீனின் செயல்களை அச்செல்லில் மாற்றி அமைக்கின்றன. ஹார்மோன் களுக்கும் ஜீன்களின் செயலுக்கும் இடையில் இணைப்பு (link) ஏற்படுவது, மாலிக்கூலார் மட்டத்திற்கும், சூழ்நிலையியல் ஒழுகலாற்றிற்கும் இடையில் அமையும் பாலமாக இருக்கிறது.

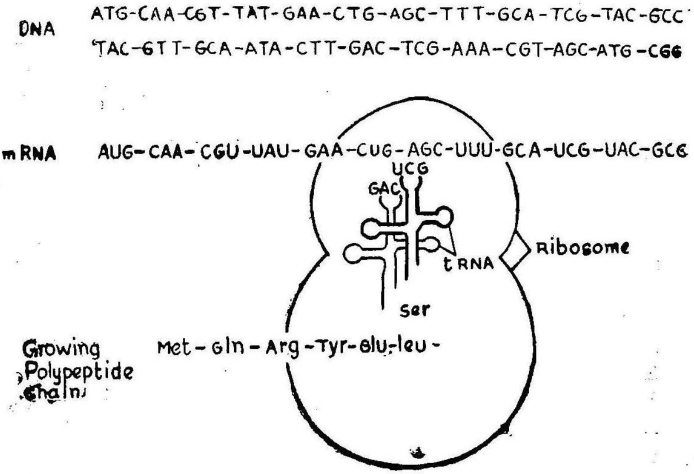
இந்த இணைப்பை அறிந்துகொள்ள தனிச்சிறப்பு வாய்ந்த அல்லது வேறுபாடடைந்த (specialized or differentiated cells) செல்களில் ஜீன்களின் செயல்களைப்பற்றி தெரிந்துகொள்ள வேண்டும் எடுத்துக்காட்டாக சிவப்பு இரத்த செல்லில் 90%

ஹிமோகுளோபின் என்ற புரதம் அடங்கியுள்ளது. மனிதனில் ஒரு குறிப்பிட்ட ஹிமோகுளோபின் தயாரிக்கும் ஆற்றல் பரம்பரையிலிருந்து வருகிறது. இதனுல் வேறுபட்ட செல்களின் செயல்கள் மரபியல் கட்டுப்பாட்டில் இருக்கின்றன என்று விளங்குகிறது. தனிச்சிறப்பு வாய்ந்த செல்களின் குணங்கள் அதில் உள்ள புரதத்தின் அளவைப் பொருத்திருக்கிறது. ஆகவே வேறுபாடு அடைவது என்பது குறிப்பிட்ட புரதச் சேர்க்கையை உண்டாக்கும் செயலாகும். சிவப்பு இரத்த செல்கள், கணையச் செல்கள் சீரணத்திற்கு வேண்டிய என்சைமைத் தயாரிக்கின்றன. அதாவது ஒரு வகைப் புரதத்தை சேர்க்கிறது. மற்ருெரு வகை, புரதமற்ற பொருட்களை தயாரிக்கும் என்சைமை உண்டாக்குகிறது. உதாரணம் கிளைக்கோஜன் ஸ்டிராய்டு ஹார்மோன்

புரதத்தின் வகை, அளவு போன்றவைகள் செல்லில் உண்டாவதைக் கட்டுப்படுத்தும் முறையைத் தெரிந்துகொண்டால், செல் வேறுபாடுகளின் இயற்கையை உணர்ந்ததாகும். தற்சமயம் புரதங்கள் எவ்வாறு சேகரிக்கப்படுகிறது; ஜீன்கள் எவ்வாறு செயலாற்றுகின்றன என்று தெளிவாகி உள்ளது. அமினே அமிலங்கள், மாலிக்கூல்கள் அமைந்துள்ள தொடர்ச்சியைப் பொறுத்து புரதத்தின் குணங்கள் அமைகின்றன. ஜீன்களில் டிஎன்ஏ அமைந்துள்ளது தெரிந்ததே. அவைகள் நியூக்ளியோடைட்கள் என்ற துணை யூனிட்டுகளால் ஆனது. ஒரு தனி ஜீனுல் நியூக்ளியோடைட்களின் முறையே (sequence) ஒரு தனி புரதத்தில், அமினே அமில வரிசை முறையை நிர்ணயிக்கிறது.

ஜீன்களிலிருந்து நேரடியாக புரதம் கோர்க்கப்படுவதில்லை. எம்ஆர்என்ஏ மூலம் அந்த ஜீன்களின் படிகள் எடுக்கப்படுகின்றன. எம்ஆர்என்ஏ, ரைபோசோமில் இதைச் செய்கிறது. ரைபோசோமில் அதற்குரிய ஆர்என்ஏ உள்ளது. அதனுடன் தக்க அமினே அமிலத்துடன் சேர்ந்து டிஆர்என்ஏயின் உதவியால் புரதத்தை தயாரிக்கிறது. இதற்குதான் ஜீன் பகர்ப்பு (transcription) என்று பெயர் (படம் 129). ஹிமோகுளோபினுக்குரிய ஜீன் தோல் செல்லில் சுறுசுறுப்பாக வேலை செய்யாது. அவ்வாறே கல்லீரல செல்கள் அட்ரினலில் வேலை செய்யாது. இந்த செயல் மாற்றும் ஜீன்கள், எம்ஆர்என்ஏ மூலம் செய்தியை அனுப்புகின்றன. செயலற்றன அவ்வாறு செய்யா. டிஎன்ஏயும், ஹிஸ்டோனும் வேதிய முறையில் சேருவதே இயற்கைத் தூண்டுதல் அல்லது ரெப்ரஷன் (repression) உண்டாக்குகிறது. செல்களின் வேறுபாடுகள் வேறுபட்ட ஜீன்களின், செயலால் நிகழ்கின்றன. ஆகவே

செல்லில் ஜீன்கள் எவ்வாறு தேர்வாக செயலாற்றவும் (turned on) செயலை அடக்கவும் (repressed) முடிகிறது?



படம் 129.

தற்கால நோக்கின்படி புரதம் தயாரித்தல்.

மரபியல் செய்திகள் இரட்டைபட்டை டிஎன்ஏயிலிருந்து ஒற்றைப்பட்ட மெசஞ்சர் ஆர்என்ஏ ஆக மாறுகிறது; இது ரைபோசோமுடன் தொடர்பு கொள்கிறது. அமினோ அமிலங்கள், ஆர்என்ஏ மாலிக்கூல்கள் மூலம் ரைபோசோமிடம் கொடுக்கப்படுகிறது மெசஞ்சர் ஆர்என்ஏ கோடான்கள் அதற்கேற்ற கோடான்களுடன் சேர்க்கின்றன.

டிரான்ஸ்பர் ஆர்என்ஏயின் இறுதி மாலிக்கூலுக்கு முன் உள்ள மாலிக்கூல் வளரும் பாலிபெப்டைட் சங்கிலியைப் பிடித்துக் கொள்ள டிஆர்என்ஏயிச் வந்து சேரும் மாலிக்கூல் புதியதாகவோ வேண்டிய அமினோ அமிலத்திடம் கொடுக்கிறது. (உ-ம்) செரீன்.

முடிவு பெற்ற பாலிபெப்டைட் சங்கிலி தனித்தோ மற்றதுடன சேர்ந்தோ புரதத்தை உண்டாக்குகிறது. இது எவ்வாறு சேர வேண்டுமென்று முன்னதாகவே, டிஎன்ஏயில் குறிப்பிடப்பட்டுள்ளது.

வேலையில் குறிப்பிட்டகாலம், நேரம் என்ற முறையில் ஜீனில் செயல் மிக நெருக்கமாக இணைந்துள்ளது. வேறுபாடடைந்த செல்களின் சுறுசுறுப்பான அல்லது வளரும் செல்கள்-ஜீன்கள் உடனடியாக கட்டுப்படுத்துகின்றன. அவ்வாறே செல்கள் மாறிக் கொண்டிருக்கும் நிலையிலும் கட்டுப்படுத்துகின்றன. என்பதை செயல் விளக்க முறையில் காட்டப்பட்டுள்ளது. தனிச் சிறப்பு வாய்ந்த செல்களில் ஜீன்களினால் உண்டான கொஞ்ச அளவு எம்-ஆர்என் ஏயும் சில மணிகளில் அழிக்கப்பட்டுவிடுகின்றன. ஆகையினால், முறையான டுதாடர்ந்து புரதம் தயாரிக்க ஜீன்கள் தொடர்ந்து சுறுசுறுப்பாக செயற்படவேண்டும். வேறு

பாடடைந்த செல்கள் இதற்கு எதிரிடையான குணங்களைக் காண்கிறோம். எம் ஆர்என்ஏ செயலாற்றும் போதுதான் ஜீன் செயல்களும் நிகழ்கின்றன. செல் வேலை செய்ய சமயம் பார்த்து ஜீன் கட்டுப்பாடு நிகழ்த்துவது என்பது அக்கட்டுப்பாடு எவ்வளவு பரந்திருக்கிறது என்பதைக் காட்டுகிறது. சில ஜீன்கள் குறிப்பிட்ட நேரத்தில் மாறி மாறி செயற்பட்டும் செயலற்றும் இருப்பதுண்டு. எடுத்துக்காட்டாக ஓர் இலை இருட்டில் வண்ணம் நீக்கப்பட்டும் வெயில் பட்டவுடன் குளோரோபில் தயாரிக்க எம் ஆர்என் ஏவை உற்பத்தி செய்கிறதையும் கூறலாம்.

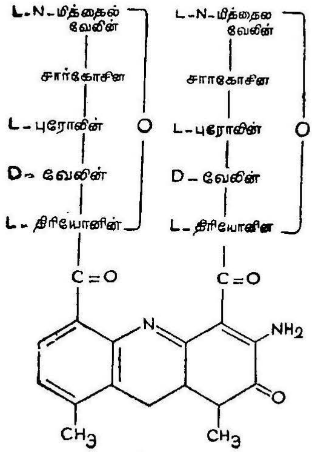
உயிருள்ள செல்லில், ஜீன்களின் செயல்கள் தொடர்ந்து மாறுபடும் நிலையிலேயே இருந்து கொண்டிருக்கின்றன. பல செல் உள்ள உயிரியில், மரபியற் பொருட்கள் சூழ்நிலைக்கு ஏற்றார் போல் செயற்பட வேண்டியிருக்கிறது. மாறுபட்டுக் கொண்டிருக்கும் நிலைக்கேற்ப, வளர்சிதை மாற்றத்துடன் செல் செயலாற்ற வேண்டும். திசுக்களின் செல்கள், தங்கள் வளர்சிதை மாற்றத்தையும் கூட்டாக மாற்ற வேண்டி நேரிட்டால், அதற்கு புறக்கட்டுப்பாடே காரணமாகும். இம்மாதிரியான புறக்கட்டுப்பாடு மரபியல் செயற்பாட்டை எவ்வாறு கட்டுப்படுத்துகிறது என்றும் கீழ்வருவனவற்றில், ஹார்மோன்கள் எவ்வாறு அவ்வேலையைச் செய்கின்றன என்றும் காண்போம்.

ஹார்மோன் செயலின் அடிப்படையை விளக்க பல முயற்சிகள் எடுக்கப்பட்டன. ஹார்மோன்களை கூட்டு அல்லது இணை என்சைம்கள் அல்லது கோ-என்சைம்கள் (co-enzymes) என்றும் கூறுவார்கள் (cofactors in enzymatic enzymes). அதாவது அவைகள் முக்கிய என்சைம்களை (key enzyme) தூண்டுகின்றன. செல்லின் வெளிச் சவ்வை அவைகள் மாற்றி (modify) அமைக்கின்றன. செல்லினுள் உள்ள பொருட்களின் உருவ அமைப்பை மாற்றுகின்றன. ஒவ்வொரு கொள்கைக்கும் (hypothesis) ஹார்மோன்களின் வாயிலாக சான்றுகள் அளிக்கலாம். எடுத்துக் காட்டாக ஹார்மோன் செல்லின் புறச் சவ்வைத் தாக்கி மாற்றியமைக்கிறது என்பதற்கு வேசோபிரசின் (vasopressin) என்ற பிட்யூட்டரிஹார்மோன் (pituitary hormone)செயலைக் கூறலாம். இது சிறுநீரக இரத்தக் குழாய்களை சுருங்கச் செய்து, சிறுநீர் வெளியேற்றத்தை அதிகப்படுத்துகிறது.

இக் கொள்கைகளுடன் மற்றொரு புதியதையும் சேர்த்துக் கொள்ளலாம். அதாவது ஹார்மோன்கள் மரபியல் ஆய்கருவி அல்லது ஜெனிட்டிக் அப்பேரட்டஸை (genetic appartus) ஒழுங்கு

படுத்தி செயலாற்றுகின்றன. தற்சமயம் பல ஆய்வாளர்கள் மரபியல் செயல்களில் ஹார்மோன்களின் விளைவுகளைக் காண்பதில் ஈடுபட்டுள்ளனர். ஜீன் ஒழுங்கு பாட்டுக் கொள்கை (gane regulation hypothesis) ஹார்மோன் செயல்களின் குழப்ப நிலையை விளக்குவதில் வெற்றி தருவதாகக் கருதுகிறார்கள். பின்வரும் அட்டவணை ஹார்மோன்களின் வேதி அமைப்பையும், சுரக்குமிடத்தையும் வேலைகளையும் விளக்குகிறது.

ஆக்டினோமைசின்-D: வேதியமைப்பு



இக்கட்டுரையில் இவைகளை மையமாகக் கொண்டு விவரிக்கப்பட்டுள்ளது. சில ஹார்மோன்கள், ஜீன் செயலைப் பொருத்தில்லாமல் தாமாகவே செயல்படுகின்றன. ஆனால் தற்சமயம், பெரும்பாலான ஹார்மோன்கள் ஜீன்களின் செயலைப் பொறுத்தே அமைகின்றன. ஜீன்களின் தலையீட்டால் இந்த ஹார்மோன்களே அதே செல்களின் மேல் ஆற்றலற்றதாகவும் ஆவதுண்டு.

ஆக்டினோமைசின்D, (actinomycin D) சூத்திரம் என்ற உயிர் எதிரியின் (antibiotic) குறிப்பிட்ட செயலைக் கொண்டு ஜீன்களைத் தடுத்து விடலாம். இவ்வுயிர் எதிரி செல்லினுள் ஊடுருவிச் சென்று அந்த செல்லின் டிஎன்ஏயுடன் சேர்த்து சிக்கலாகி விடுகிறது. இது நிகழ்ந்து விட்டால் டிஎன்ஏ, எம்ஆர்என்ஏவைச் சேர்க்கையில் பங்கு கொள்ள முடியாது. ஆக்டினோமைசினின்

அட்டவணை

	ஹார்மோன் (Hormone)	தோற்றுவாய் (Source)	வேதியலமைப்பு Chemicalnature	செய்கடமை (Functions)
1.	எக்டைசோன் (Ecdysone)	பூச்சிகளில் புரோதொராசிக் சுரப்பி (Prothoracic gland)	ஸ்டீராய்டு (Steroid)	தோலுரித்தல், கூட்டுப்புழு மாற்றம் செய்தல்.
2.	குளுகோகார்ட்டிகாய்டுகள் (கார்ட்டிசோன்) (Glucocorticoids)	அட்ரினல் கார்ட்டக்ஸ் (Adrenal cortex)	ஸ்டீராய்டு	கல்லீரலில் கிளைகோஜன் சேர்த்தல். நைட்ரஜன் சமப்படுதல் தசைச் செயல்களுக்கு காயம் ஆற்றுதல், புது என்சைம் உண்டாக்க கல்லீரல் தூண்டுதல் போன்றவைகள் எல்லா திசுக்களையும் பாதித்தல்.
3.	இன்சுலின் (Insulin)	கணையத்தீவுகள் (Islets of (Langerhans)	பாலிபெப்டைட் (Polypeptide)	அமினோ அமிலம், குளுகோஸ் செல்களில் நுழைவதைவெளிப்படுத்துதல், புரதச்சேர்க்கையை அதிகரிக்கச்செய்தல்கொழுப்புச் சேர்க்கையைத்தூண்டுதல்.எல்லாதிசுக்களையும் பாதித்தல்
4.	எஸ்ட்ரோஜன் (Estrogen)	அண்டசுரப்பி (Ovary)	ஸ்டீராய்டு	துணை பால் குணங்களை உயர்த்துதல். கருப்பையில் புரதச்சேர்க்கை அதிகரிக்கச் செய்தல். பாலிசாக்கரைட்கள் சேர்க்கையைத் அதிகரித்தல். கிளைக்காலிசிஸ், சுவாசம் செல்களில் ஏற்றுக் கொள்வதைக் கட்டுப்படுத்துதல்.

5.	ஆல்டோஸ்டீரான் Aldosterone	அட்ரினல் கார்ட்டெக்ஸ்	ஸ்டீராய்டு	சோடியம் பொட்டாசியம் வெளியேற்றத்தை கட்டுப்படுத்தல் கேட்அயனி(cat ion)சவ்வுகளில் செல்வதை கட்டுப்படுத்துதல்
6.	பிட்யூட்டரி எசிடிஎச் (Pituitary ACTH)	முன் பிட்யூட்டரி (Anterior pituitary)	பாலிபெப்டைட்	அட்ரினல் கார்ட்டெக்ஸில் குளுக்கோ கார்ட்டிகாய்டு சேர்க்கையைத் தூண்டுதல். அட்ரினல் புரதச் சேர்க்கையையும் குளுகோஸ் கிரகிப்பதைத் தூண்டுதல். அடிபோஸ் திசுக்களில் புரதச் சேர்க்கையைத் தடுத்தல். கொழுப்பு உடைவதைத் தூண்டுதல்.
7.	பிட்யூட்டரி ஜிஎச் (Pituitary GH)	முன் பிட்யூட்டரி	புரொட்டீன் (Protein)	வளர் மாற்றத்தைத் தூண்டுதல், நைட்ரஜன், நீர் சமநிலைப் படுத்துதல். புரதவளர்சிதை மாற்றத்தைக்கட்டுப்படுத்துதல், அமினோ அமிலம் ஏற்பதை செயற்படுத்தல், கொழுப்பு வளர் சிதை மாற்றத்தை செயற்படுத்துதல். அநேகமாக எல்லா திசுக்களையும் பாதித்தல்.
8.	தைராக்சின் (thyroxine)	தைராய்டு	தைரோனின் அடிப்படையில் பிறந்தது.	வளர்சிதை மாற்றவீதத்தைப் பாதித்தல், வளர்ச்சி, நீர் அயனிகளை நீக்குதலைப் பாதித்தல், தசைச் செயலுக்குத் தேவை. கார்போஹைட்ரேட் மட்டப்போக்கு வரவைப்பாதித்தல். புரதச் சேர்க்கையை ஊக்குவித்தல். அநேகமாக எல்லா திசுக்களையும் பாதிக்கும்.

தனிச்சிறப்பு யாதெனில் அது அந்த செல்லின் மற்ற செயல்களான புரதம் தயாரித்தல், சுவாசித்தல் போன்றவைகளைப் பாதிப்ப தில்லை. அதாவது எம்ஆர்என்ஏ தேவை ஏற்படாத வரையில் அந்நிகழ்ச்சிகள் பாதிக்கப்படா. ஆக்டினோமைசின் அடர்த்தி (concentration) அதிகமாக இருந்தால் எம்ஆர்என்ஏ தயாரிப் பதை கட்டுப்படுத்தி வைக்கும். அடர்த்தி குறைவாக இருந்தால் வேறு புது இடங்களில் சேர்க்கை நிகழாமல் அழுத்தி வைக்கும்.

இது வரை செய்த ஆய்வின்படி ஸ்டீராய்டு ஹார்மோனின் விளைவு ஜீன்களை எவ்வாறு பாதிக்கின்றன என்பதைப் பற்றியதே. அதிலும், அண்ட சுரப்பியிலிருந்து சுரக்கும் எஸ்ட்ரோஜனைப் பற்றியதே (estrogen). பல ஆய்வுக் கூடங்களில் செய்யப்பட்ட ஆய்வில், அண்ட சுரப்பியை நீக்கிய பின் அந்த விலங்கு எவ்வாறு எஸ்ட்ரோஜன் இல்லாது வளர்கிறது. அதற்கு எஸ்ட்ரோஜன் ஊசி மூலம் ஏற்றினால் என்னவாகிறது. இவ்விரு முறைகளிலும் கருப்பைச் செல்களில் புரதச் சேர்க்கை எவ்வாறு பாதிக்கப்படு கிறது என்பதே. எஸ்ட்ரோஜன் ஊசிமூலம் ஏற்றப்பட்டபின் புரதச் சேர்க்கை 300% கூடுதலாக இருக்கக் கண்டனர். இக் கூடுதலை ரேடியோ செயற்பாட்டு அடையாளத்துண்டு (radioactive label) அமினோ அமிலங்கள் மூலம் அக்கருப்பை புரதத்திலிருந்து கண்டுபிடித்தனர். எஸ்ட்ரோஜன் ஏற்றியபின் பலவேறு குறிப் பிட்ட நேரங்களில், அத்திசுக்களை பிரித்தெடுத்து கடைத்து (homogenized) புரதச்சேர்க்கையின் செயலாற்றலைக் கண்டறிந் தனர். புரதச்சேர்க்கையைத் தடைசெய்யும் பூரோமைசின் (puromycin) உயிர் எதிரியைப் பயன்படுத்தி எஸ்ட்ரோஜன் தூண்டல் விளைவுகளையும் கண்டறிந்தனர், இந்த உயிர் எதிரி புரதச் சேர்க்கையை மட்டும் தடை செய்யக் கூடியது (specifically inhibit).

இச்சோதனைகள் மூலம், எஸ்ட்ரோஜன் கொடுத்த இரண்டு முதல் நான்கு மணிகளில் புரதச் சேர்க்கை அதிகமாக ஆவதாக முதலில் வருகிறது. எஸ்ட்ரோஜன் கொடுத்த 30 நிமிடங் களுக்குள், ஆர்என்ஏச் சேர்க்கை அதிகரிப்பதைத் தடைசெய்ய ஆக்டினோமைசின் பயன்படுத்திய போது, எஸ்ட்ரோஜன் கொடுத் தால் புரதச் சேர்க்கையில் ஒரு பயனும் விளங்கவில்லை! இதன் பொருள் என்ன? எஸ்ட்ரோஜினால் கருப்பை செல்களில் ஏற்படும் மாறுன வளர்சிதை மாற்றங்கள். புரத என்சைம்களினால் நிகழ்வ தாகவும், அந்த எஸ்ட்ரோஜன் தூண்டுதல், ஜீன்களுக்கு இல்

லாமற் போனால் அந்த ஜீன்கள் வேலை செய்யாது என்றும் தெரிகிறது. இம்மாற்றங்களில் முக்கியமானவைகள் என்னவென்றால், குளுக்கோசிலிருந்து அமினோ அமிலங்கள் சேர்க்கை அதிகமாவதும், கார்பன்டை ஆக்சைடு அதிகமாக வெளியாவதும், பாஸ்போலிப்பிட்களும் கொழுப்பு லிப்பிட்களும் அதிகமாக சேர்க்கப்படுவதும் ஆகும். முன்பே ஆக்டினோமைசின் கொடுக்கப்பட்ட ஒரு விலங்கிற்கு, எஸ்ட்ரோஜன் கொடுத்தால், அதன் கருப்பை செல்களில், இம்மாதிரியான வளர்சிதை மாற்ற மாற்றங்கள் காணப்படமாட்டா.

ஆர்என் ஏச் சேர்க்கையில் எஸ்ட்ரோஜனின் விளைவு எம்ஆர் என்ஏக்கு மட்டும் வரையறுக்கப்பட்டதென்றில்லை. மற்ற இரு வகை ஆர்என் ஏக்களின் உற்பத்தியும் (டிஆர்என்ஏ, ஆர்என்ஏ) அதிகப்படுகிறது. எஸ்ட்ரோஜன் கொடுக்கும்போது எம்ஆர்என் ஏயும் டிஆர்என் ஏயும் முதலில் தூண்டப்படுகின்றன. ரைபோசோமல் ஆர்என்ஏ சேர்க்கைக்குறிய ஜீன்கள், பின்புதான் சுறுசுறுப்பாகின்றன. ஒவ்வொரு செல்லிற்குமுள்ள ரைபோசோம்கள் அதிகரிக்கின்றன. பல ஆரம்ப மாற்றங்களில் முக்கியமான ஒன்று என்னவென்றால், ஆர்என்ஏ-டிஎன்ஏ பாலிமரேஸ் என்சைமின் (RNA-DNA polymerase enzyme) செயல் அதிகப்படுவதே. அந்த செல்களில் நிகழும் எல்லா ஆர்என்ஏ சேர்க்கைக்கும் இந்த என்சைம்தான் காரணமாகும்.

மேற்கண்ட கருத்தறிவிப்புகளிலிருந்து (observation) இரு முக்கிய முடிவுகள் விளங்குகின்றன. முதலாவதாக (1) எஸ்ட்ரோஜனிக் ஹார்மோன்கள், ஜீன்களைத் தூண்டுகின்றன என்பதில் ஐயமில்லை. கருப்பை செல்களில் எஸ்ட்ரோஜனின் விளைவுகள் ஜீன்களின் தூண்டுதலினால் நிகழ்கின்றன. (2) இரண்டாவதாக எஸ்ட்ரோஜனுக்கு செல்களில் பல்வேறு விளைவுகள் உண்டாக, பலஜீன்கள் தூண்டப்படவேண்டும் என்று தெரிகிறது. மூன்று வகை ஆர்என் ஏக்களை உண்டாக்க, எஸ்ட்ரோஜன் தூண்டுகிறது என்ற ஒன்றைமட்டும் எடுத்துக் கொள்வோம். ரைபோசோமல் ஆர்என்ஏச் சேர்க்கையில் குறைந்தது இரு ஜீன்கள் சம்பந்தப்பட்டிருக்க வேண்டும். ஒவ்வொரு செல்லிற்கும் அதைத் தயாரிக்க 60 வகையான (60 species) டிஆர்என் ஏக்கள் (transfer RNA) தேவைப்படுகின்றன. எம்ஆர்என் ஏயைப் பொருத்த வரையில், எஸ்ட்ரோஜனால் தூண்டப்படும் பல்வேறு மாற்றங்கள், அச்சூழ்நிலையில் பல மாலிக்கூலார் வகைகளை உண்டாக்க வேண்டி இருக்கின்றன. இதனால், ஜீனின் ஒழுங்குமுறைப்

புதிர்நிலையை, எதிர்த்து நிற்கும் நிலையிலிருக்கிறோம். அந்த ஜீன்கள் யாவற்றையும், ஒரு ஹார்மோன் எவ்வாறு தூண்ட முடியும்? அதுவும் செயலால் ஒன்றுபட்ட. ஆனால் வெவ்வேறான ஜீன்களைத்தூண்ட முடியும்? அதுவும், தனிச் சிறப்பான முறையில். தனிச் சிறப்பான அளவிற்கு எவ்வாறு செய்ய முடியும்?

எஸ்ட்ரோஜன் கருப்பை செல்களில் ஏற்படுத்தும் விளைவுகளைவிட, கல்லீரல் செல்களில் நிகழ்த்துவதைப்பற்றி ஆழ்ந்து ஆராயும்போது, இக்கேள்வி மேலும் கூர்மையாக்கப் படுகிறது! கோழியில் முட்டை உண்டாகும்போது, அண்ட சுரப்பிகளிலிருந்து சுரக்கும் எஸ்ட்ரோஜன் அதன் கல்லீரலைத் தூண்டி லிப்போவைட்டலின் (lipovitellin) ஃபாஸ்வைட்டின் (phosvitin) என்ற யோக் புரதத்தை உற்பத்தி செய்யச் செய் கிறது. ஆனால் சேவல் இம்மாதிரியான புரதத்தைத் தயாரிக் வேண்டியதில்லை. எஸ்ட்ரோஜன் ஏற்றப்பட்டால், அதனுடைய கல்லீரல் செல்கள் அதிக அளவு அவைகளைத் தயாரிக்கின்றன; ஹார்மோனின் செயலினால் ஜீன்கள் சுறுசுறுப்படைவதற்கு இதைவிட வேறு சான்றுகள் தேவையில்லை. கலிஃபோர்னியா பல்கலைக்கழக மருத்துவப் பள்ளியைச் சேர்ந்த (லாஸ் ஆன்ஜலிஸ்) கார்ல்சனும் (E. N. Carlson) அவருடனுழைப்பாளர்களும் செயல் விளக்க முறையில் எஸ்ட்ரோஜனின் ஜீன்-தூண்டி விளைவு (gene-activating effect of estrogen) தனிச் சிறப்புடையது (specific) என்று விளக்கினர், ஃபாஸ்வைட்டின் என்பது ஒரு வழக்கத்திற்கு மாறான (unusual) புரதமாகும். இதனுடைய அமைப்பின் துணை யூனிட்டுகளில் (sub-units) பாதி அளவு ஒரே மாதிரியானவைகளாகும். அவைகள் செரின் (serine) என்ற அமினோ அமிலத்தின் எஞ்சிய பகுதியேயாகும். எஸ்ட்ரோஜன் மிகத் தீவிரமாக கல்லீரல் செல்களைத் தூண்டி புரதம் தயாரித் தலில் இந்த அமினோ அமிலத்துடன் இணைந்த குறிப்பிட்ட டிஆர்என் ஏவை உண்டாக்குகிறது என்று இவர்கள் கண்டனர்.

கல்லீரல் செல்களில் எஸ்ட்ரோஜனின் விளைவு கருப்பை செல்களின் விளைவிற்கு வேறுபட்டதே. ஹார்மோனின் தனி இனச் சிறப்பு (specificity) ஹார்மோனில் இல்லாமல் அது செயற்படும். ''இலக்கு'' செல்களில் (''target'' cells) தான் இருக்கிறது. என்று வெகு காலமாகவே ஏற்கப்பட்டுள்ளது. எடுத்துக் கொள்ளப்பட்ட ஹார்மோன், எவ்வாறு அந்த ஜீன்களி லிருந்து தேர்ந்தெடுக்கப்பட்டு தூண்டுகிறது? அந்த ஜீன்கள் முன்னதாகவே ஹார்மோன் தூண்டுதலுக்கு தயாரிக்கப்பட்

டனவா? எவ்வாறு அந்த ஹார்மோன், ஜீனிட மட்டுமல்லாமல் மரபியல் ஒழுங்குபாட்டுச் செல்கள் பூராவிலும் செயலெதிர்ச் செயல்களைப் புரிகின்றன?

ஆண் ஹார்மோனுன டெஸ்டோஸ்டீரான் (testc sterone) கூட ஜீன் தூண்டுதலின் பேரில் செயற்படுகிறது. எஸ்ட்ரோஜன் போலவே ஆண்பால் ஹார்மோனும், செல்களில் ஆர்என்ஏ சேர்க்கையை அதிகரிக்கச் செய்கிறது. ஆண், பெண் எலிகளில் சோதனை செய்தபோது கல்லீரலில் டெஸ்டோஸ்டீரானின் விளைவு, ஆணுக்கும் பெண்ணுக்கும், வேறுபட்டிருந்தது. விந்து சுரப்பி நீக்கப்பட்ட (castrated) எலிக்கும் சாதாரண பெண் எலிக்கும் வேறுபாடு காணப்பட்டது. இரண்டிலும் இந்த ஹார்மோன் எம்ஆர்என்ஏ உற்பத்தியில் அளவில் (amount) அதிகரிக்கச் செய்தது. ஆனுல் பெண்ணில் இது ஒரு புது வகையான (variety) எம்ஆர்என்ஏ சேர்க்கையை உண்டுபண்ணிற்று. ஆண் சேவலின் (Rooster) கல்லீரல் செல்லில் முட்டை - யோக் புரதம் உண்டாக எஸ்ட்ரோஜன் தூண்டியது போலவே பால் வேறுபாட்டிற்கு இந்த சோதனையும் ஒரு புதிய பாதையை காண்பிக்கிறது.

பால் ஹார்மோள்களைப் போலவே பாலூட்டிகளில் அட்ரினல் கார்ட்டெக்ஸ் ஸ்டீராய்டும் பல்வேறு விளைவுகளை உண்டாக்குகிறது. கார்ட்டிசோன் ஹார்மோன் பல்வேறு திசுக்களில் வெவ்வேறு செயல்களைச் செய்கிறது. ஜீன் தூண்டுதல் பற்றி இந்த ஹார்மோனில் அதிகம் ஆராயப்படவில்லை. ஆனுல் சில ஜீன்களின் மூலம் நடக்கவில்லை என்பதற்குரிய சான்றுகள் பல உள்ளன. சில செயல்கள் ஜீனின் தூண்டுதலில் நிகழ்கின்றன.

அட்ரினல் சுரப்பிகள் நீக்கப்பட்ட ஒரு சோதனை விலங்கிற்கு கார்ட்டிசோன்- ஏற்றப்பட்டால், அந்த ஹார்மோன், கல்லீரல் செல்களைத் தூண்டி புது புரதங்களை தயாரிக்கச் செய்கிறது. இப்புரதங்களில் குளுகோஸ் தயாரிக்கப்பயன்படும் என்சைம்களும் இருக்கின்றன (குளுகோஸை உடைத்தல் அல்ல) அமினே அமில வளர்சிதை மாற்றத்தில் பங்குபெறும் என்சைம்களும் அவைகளில் இருக்கின்றன. கல்லீரல் செல்களிலிருந்து தயாராகும் புரதத்தின் அளவையும் கார்ட்டிசோன் அதிகப்படுத்துகிறது. எம்ஆர்என்ஏ சேர்க்கையில், கார்ட்டிசோனின் விளைவு அது ஏற்றப்பட்ட ஐந்து நிமிடங்களில் வெளிப்படையாகத் தெரியும். முப்பது நிமிடங்களில் ஆர்என்ஏயின் உற்பத்தி இரண்டு அல்லது மூன்று மடங்காகிறது இந்த அதிகரிப்பில் எம்ஆர்என்ஏயும், ஆர்ஆர்என்ஏயும் இருக்கலாம். இந்நிகழ்ச்சிகளைத்

தொடர்ந்து என்சைம் செயலும் அதிகரிக்கிறது. நியூயார்க்கின் தசை நோய் நிறுவனத்தைச்சேர்ந்த ஆல்காகிரீன் கார்டும் (Olga-Green Gard) ஜார்ஜ் ஏக்ஸம் (George Acs) செய்த சோதனையில் கார்ட்டிசோனுக்கு முன் ஆக்டினோமைசின் ஏற்பட்டால், அம் மாதிரியான புது என்சைம்கள் அந்த கல்லிரல் செல்களில் தோன்று வதில்லை. ஆல்டோஸ்டிராஸைப் பயன்படுத்தி சோடியம், பொட்டாசியம் அயனி ஊடுருவலிருந்து ஜீன்களின் செயல்களைக் கண்டறிந்துள்ளனர். கலிபோர்னியா பல்கலைக் கழகத்தைச் சேர்ந்த எடல்மென் (I.S. Edelman) குழுவினர் தேரையின் பைசெல்களில் (bladder cells) இதைச் செய்து வெற்றி கண்டார். பூரோமைசினை (puromycin) புரதத் தடையாகப் பயன்படுத்தினர்.

பூச்சிகளில் காணப்படும் எக்டைசோன் (ecdysone) என்ற ஸ்டீராய்டு ஹார்மோனும் ஒரு ஜீன் தூண்டியாகும் (gene activator) டுபின்ஜனைச் சேர்ந்த மாக்ச்ப்ளான்க் நிறுவனத்து உயிரியல் துறையில் உள்ள உல்ஃப்காஸ்க் பீர்மானும் குழுவினரும் (Wolfgang Beermann and his colleagues at the Maxplank Institute for Biology in Tubingen) இதற்கு தக்க சான்று அளிக்கின்றனர். பூச்சிகளின் லார்வாவிற்கு (larva) இந்த ஹார்மோன் இல்லாது போனால், அதன் வளர்ச்சி தடைப்பட்டு பியூப்பாவாக (pupa) மாற முடியாது. எக்டைசோன் இல்லாவிடில். செல் குரோமோசோம்களில் வியக்கத்தக்க மாற்றங்கள் காணப்படும். லார்வாவில் பூத குரோமோசோம்கள் இருப்பதால் இம்மாதிரியான ஆய்வு சுலபமாகும். அப்பூத குரோமோசோம்கள் அடுத்தடுத்து இரட்டித்து பிரியாமல் ஒட்டிக் கொண்டே இருப்பதால் இந்த "பாலிடீன்" (polytene) குரோமோசோம்கள், உண்டாகின்றன. சில பாலிடீன் குரோமோசோம்களில் குறிப்பிட்ட லோகஸ்கள் (specific loci) அகன்ற தெளிவற்றதாகத் தோற்றமளிக்கும். இதற்கு "பஃப்ஸ்" "puffs" என்று பெயர். இப்பகுதியே தீவிர ஜீன் செயலாகும். ஆர்என்ஏச் சேர்க்கை இங்கு அதிகமாக நடைபெறுகிறது. ரேடியோ ஆட்டோகிராஃப் (radio autograph) ஆய்வு மூலம் இதைக் கண்டுள்ளனர். ஆர்என்ஏயின் மூலப்பொருளை ரேடியோ செயல் தூண்டு (radio active labelled) முறையில், ஒட்டப்பட்டப்பின், ஆர்என்ஏ கறுப்புப் புள்ளிகளாக அதில் வெளிப்படுகின்றன. பூச்சிகளின் செல்களில் பூத குரோமோசோம்கள், வெவ்வெறு பஃப் கொத்துகளாகத் தோன்றுகின்றன இதனால் வெவ்வேறு செட் ஜீன்கள் செயலாற்றுகின்றன. என்றும், குறிப்பிட்ட ஒரு ஜீன், ஒன்றில் சுறுசுறுப்பாகவும் மற்றொன்றில் அவ்வாறு இல்லாமலும் இருக்கும் என்றும் தெரிகிறது.

உமிழ்நீர் சுரப்பி குரோமோசோம்கள் அந்த லார்வா உரு மாற்றமடையும் ஒவ்வொரு நிலையிலும் புதியதாக வளர்கின்றன. இங்கு தான் எக்டைசோனின் வேலை நிகழ்கிறது. இந்த ஹார்மோன் ஒவ்வொரு குறிப்பிட்ட புது பஃப்களை உண்டு பண்ணும் ஆற்றலுடையது. லார்வாவிற்கு இந்த ஹார்மோன் ஏற்றப்பட்ட ஒரு நிமிடத்தில் அதன் உமிழ்நீர்ச்சுரப்பி குரோமோசோமின் ஒன்றில் தனிக் குறிப்பிட்ட பஃப் உண்டாகிறது. அதிக அளவு இது ஏற்றப்பட்டால் இரண்டாவது பஃப் மற்றொரு இடத்தில் உருவாகிறது. சாதாரண வளர்ச்சியில், உருமாற்றமடையும் நிலையில் தான் இந்த ஹார்மோன் அதிகரிக்கிறது. இதனால், ஒரு கூர்மையான மரபியல் லோகஸ் (gentic locus) முதலில் எழுதப்படுவதற்குரிய இயக்க நுட்பம் (mechanism) இருப்பதாகத் தெரிகிறது. நேரடியாகத் தெரியும். இந்த ஜீன் மட்ட (gene level) சோதனை ஹார்மோனால், ஒழுங்காக்கப்படும் ஜீன் செயலுக்குத் தக்க சான்றாக விளங்குகிறது. வேறுபாடுகளைத் தூண்ட எக்டைசோனின் விளைவு, செயலற்ற ஜீனை எழுப்பி வெளித்தெரியும். அளவிற்கு செயல்படச் செய்கிறது. வேறுபாட்டிற்குத் தேவையான முறையில் குறிப்பிட்ட ஜீனின் செயல் அமைகின்றது.

ஸ்டீராய்டு அற்ற ஹார்மோன்களின் நிலை என்ன? இவைகளின் செயல்கள் ஜீன் அவ்வளவு தெளிவாக இல்லை. சில ஹார்மோன்களின் செயல்கள் தூண்டலினால் நிகழ்ந்தாலும், ஆக்டினோமைசின் கொடுத்த பிறகு அந்த ஹார்மோனின் மற்ற விளைவுகள் தடைபடவில்லை. கீழ்கண்ட அட்டவணை அவ்விளைவுகளைக் காட்டுகின்றன. அதில் ஹார்மோனின் செயல்கள், மரபியல் முறையில் இல்லை. அவைகள் இரு வகைகளில் அடங்குகின்றன. (1) சில ஹார்மோன்கள் குறிப்பிட்ட என்சைம்களின் மேல் செயற்படுகின்றன. உதாரணம்: தைராய்டு ஹார்மோன்- தைராக்சின் குளூட்டமிக் டிஹைட்ராஜினேஸ் (glutamic dehydrogenase) என்ற என்சைம்களின் தொடர்பறுப்பை ஆதரிக்கிறது.

(2) இன்சுலின், வேசோபிரஸின் போன்ற மற்ற ஹார்மோன்கள், செல் சவ்வு மூலம் பொருட்களைப் போக்குவரத்து செய்யும் சிஸ்டங்களின் மேல் வேலை செய்கின்றன. இருப்பினும் அந்த ஹார்மோன்கள், எந்த சவ்வுகளின் செய்கடமையைப் பாதிக்கின்றனவோ, அதே சவ்வுகளை நேரடியாக ஒட்டிக் கொள்கின்றன.

(3) இன்னும் சில ஹார்மோன்கள் குறிப்பிட்ட என்சைமை துரிதமாகத் தூண்டுகின்றன. உதாரணமாக, கிளைக்கோஜனை உடைத்தெரியும் விதத்தை நிர்ணயிக்கும் பாஸ்ஃபாரிலேஸ் (phos-

சோதனைச் சான்றுகளின் சுருக்க அட்டவணை

மத்திய பத்தி: ஹார்மோன்கள் தூண்டும் ஜீன்களின் நிகழ்ச்சி

வலது பத்தி: ஹார்மோன்கள் உடனடியாக தூண்டாத ஜீன்களின் நிகழ்ச்சி

ஹார்மோன்	ஜீன் தூண்டுதலினால் நிகழும் ஹார்மோன் செயலுக்குச் சான்று	ஜீனின் உடனடி தூண்டுதலுக்குச் சம்பந்த மற்ற முறையில் நிகழும் ஹார்மோன் செயலுக்குச் சான்று
பிட்யூட்டரி வளர்ப்பு ஹார்மோன் (GH)	புரதச் சேர்க்கையைப் பொதுவாகத் தூண்டுதல் 90 நிமிடங்களுக்குள் கல்லீரலில், ஆர்என்ஏ, டிஆர்என்ஏ, ஆர் ஆர்என்ஏக்களின் சேர்க்கையின் வீதங்களைத் தூண்டுதல். ஆக்டினோமைசின் தடையை விளைவித்தல்.	
பிட்யூட்டரி எசிடிஎச் (ACTH)	அட்ரினலில் புரதச்சேர்க்கையைத் தூண்டுதல். எம்ஆர்என்ஏ, மொத்த ஆர்என்ஏச் சேர்க்கைத் தூண்டப்படுதல்.	பிரிக்கப்பட்ட அட்ரினல் வெட்டுத்துண்டுகளில் (sections) ஸ்டீராய்டு சேர்க்கை ஆர்என்ஏ சேர்க்கைக்கு சம்பந்தப்பட்டதல்ல; ஆக்டினோமைசினுக்கு நுண்ணுணர்வற்றது (insensitive)

தைராக்சின்	புது எம்ஆர்என்ஏச் சேர்க்கையை 10-15 நிமிட ஏற்றத்திற்கு முன் ஊக்குவித்தல்; 60 நிமிடங்களில் எல்லா வகை ஆர்என்ஏக்களேயும் தூண்டச்செய்தல். 10 மணிகளில் ஆர்என்ஏ-டிஎன்ஏ பாலிமரேஸை அதிகரிக்க ஊக்குவித்தல். பிறகு புரதச்சேர்க்கையை அதிகரிக்கச் செய்தல் ;	பிரிக்கப்பட்ட, சுத்தம் செய்த குளுட்டாமிக்ஹைட்ரிஜனேஸை செயலற்ற நிலேக்கு பிரித்து வைத்தல். பிரித்தெடுத்த மைட்டோ காண்ட்ரியாவை (in vitro பாதித்தல்.
இன்சுலின்	ஆர்என்ஏச் சேர்க்கையை 100% அதிகரிக்க ஊக்குவித்தல். ஏற்றிய 15 நிமிடங்களில், எலி விதானத்தின் எம்ஆர்என்ஏயில் கவனிக்கத்தக்க மாற்றங்களேச் செய்தல். ஆக்டினேமைசினின் விளேவு தடைப்படுதல். குளுக்கோகினேஸின் செயலின் ஆக்டினேமைசின் நுண்ணுணர்வுத் தூண்டல்.	ஏட்டிபி சேர்க்கையில் ஆக்டினேமைசின்-நுண்ணுணர்வற்ற அதிகரிப்பு செல்களில் குளுக்கோஸ் போக்குவரத்து அதிகரிப்பு O°Cல் செல் சவ்வில் இன்சுலின் கட்டுப்படும் நுண் செயல்.
வேசோ[illegible] பிரசின்		ஆல்டோஸ்டீரானின் செயல் ஆக்டினேமைசினுல் தடைபடுதல் ஏற்பட்ட அதே நிலேயில் பிரிக்கப்பட்டவை (bladder) தயாரிப்பில் நீர் போக்குவரத்தை ஆக்டினேமைசினுல் நுண்ணுணர்வற்ற முறையில் ஊக்குவித்தல்.

phoryiase) என்ற முக்கிய என்சைமை, செயலற்ற நிலையிலிருந்து சில ஹார்மோன்கள் மாற்றுகின்றன. அந்த ஹார்மோன்களாவன: எப்பினெஃப்ரின் (epinephrine), குளுகாகான் (glucagon) எசிடிஎச் (ACTH) என்பன.

ஸ்டீராய்டுகளற்ற ஹார்மோன்கள் ஜீன் மட்டத்தில் செயல் படவில்லை என்று கூறமுடியாது. சிவ்கிட்சனும் கிர்பியும் (Chevkidzon and K. S. Kirby of Chester Beatty Research Institute of the Royal Cancer Hospital, London) இது பற்றி ஆராய்ந்துள்ளனர். தைராக்சின், டெஸ்ட்டோஸ்டீரான், கார்ட்டிசோன், இன்சுலின் போன்றவைகளை தனித்தனியாக எலிகளுக்கு ஏற்றி, அவைகளின் கல்லீரல் செல்களில் எம் ஆர்என் ஏயின் சேர்க்கையை அளந்து கணக்கிட்டுள்ளனர். அக்கணக்கீட்டிலிருந்து அந்த செல்களில் ஜீன்களின் செயல் வெகு துரிதமாக இருந்ததாகக் கூறியுள்ளனர்.

ஹார்மோன் செயலிற்குரிய சரியான மாலிக்கூலார் நுட்பம் என்ன என்று அறியும் அடிப்படை சிக்கல் நிலையில் (problem) நாம் இப்போது இருக்கிறோம். ஒரு செல்லில் ஹார்மோன் தாக்குதலுக்குரிய முதலிடம் எது? ஒரு ஹார்மோன் நேரடியாக குரோமோசோமில் தன் விளைவை செயல்படுத்துகிறதா? முன் கண்டது போல் ஆல்டோஸ்டீரான் நியூக்ளியஸினுள் சென்று செயல்படுவது போல் மற்ற ஹார்மோன்கள் செயல்படுகின்றனவா என்பதற்குரிய சான்றுகள் இல்லை.

உயிரியல் வல்லுநர்கள், பல ஹார்மோன்களின் வாங்கிகள் ''ரிசெப்டார்கள்'' (receptors) என்ற பொருட்களைப்பற்றி ஆராய்ந்து வருகின்றனர். ஹார்மோன்களின் மாலிக்கூலார் அமைப்பும் பருமனும் மிகச்சிறியதி (உ-ம்: தைராக்சின்) லிருந்து, மிகப் பெரியது (உ-ம்: ஸ்டீராய்டு) வரையிலும் உள்ளன. இவைகளை நோக்க புரதத்தின் மாலிக்கூல் பூதநிலை கொண்டது. பல்வேறு வகையாக உள்ள மாலிக்கூல்கள், இலக்கு செல்களின் (target cells) ஜெனிட்டிக் அப்பேரட்டசை (genetic apparatus) ஒரேமாதிரியாகத் தாக்குகின்றன என்பதின் புதிர்நிலை இன்னும் விளங்காத ஒன்றாகவே இருக்கிறது. இந்நிலை ஆய்வாளர்களுக்கு ஓர் அரியவாய்ப்பாகும்.

20. மரபியலும் படிமலர்ச்சியும்

(Genetics and Evolution)

நாம் வாழும் பூமண்டலத்தில் பல்வேறுபட்ட உயிரிகளில் வாழுகின்றன. அவைகளில் சுமார் ஒரு மிலியன் விலங்கினங்களேயும், சுமார் 26,700 தாவர இனங்களேயும் உயிரியல் வல்லுநர்கள் அடையாளம் கண்டுள்ளனர். இவைகளுக்கு இரு மடங்கேனும் இன்னும் கண்டுபிடிக்காமல் இருக்கலாம். கண்டு பிடிக்க முடியாத நிலேயிலேயே பல இனங்கள் முற்காலத்தில் மறைந்தும் (extinct) உள்ளன. மறைந்தவைகளில் சில மட்டும் ஃபாசில்களாக (fossil) இருக்கின்றன. இவ்வுலகில் வாழும் உயிரினங்கள் மிகச் சிறிய வைரஸ்கள் (virus) முதற்கொண்டு மிகப் பெரிய யானேகள் (elephant), செக்குவா மரங்கள் (sequioa trees) வரை பல்வேறுபட்டுக் காணப்படுகின்றன.

இவ்வேறுபாடுகளின் (density) பொருளென்ன? மேல் வாரியாகப் பார்த்தால், இயற்கையின் படைப்பென்று தோன்றும். ஆனுல் ஊன்றி நோக்குவோமானுல் பலவேறு உயிரிகள் சூழ்நிலேக்கு வளேந்து கொடுத்து வாழ்கின்றனவென்றும் தெரியும். இச்சூழ் நிலேக்கு ஏற்ப சிறிய உயிரி முதல் பெரியது வரையிலும், மிகத் திறமையாக வாழ்கின்றன. நீர், வாயு, சில உப்புக்கள் கொண்ட பூமியிலிருந்து பச்சைத் தாவரங்கள், தங்களுக்கு வேண்டிய உணவுப் பொருட்களேத் தயாரித்துக் கொள்கின்றன. நீரில் கிடைக்கும் உயிர்ப்பொருட்களேக் கொண்டு மீன்கள் உயிர் வாழவும், பறவைகள் ஆகாயத்தில் பறந்து வாழவும் தக்கவாறு அவைகள் அமைந்துள்ளன. மனித உடலோ மிகவும் சிக்கலானது. அவனுடைய அபார மூளேயினுல் சூழ்நிலேயைக் கட்டுப் படுத்தி வாழ்கின்முன். எவ்வளவு சிறிய உயிரியாக இருந்தாலும் அது இயற்கைப் பொருளாதாரத்தில் இடம் பெற்றுள்ளது. அதுவும் இயற்கையின் மூலப் பொருளேப் பயன்படுத்தி தனக்கென்று ஒரு தனியிடத்தையே சம்பாதித்துக் கொண்டு வாழ்கின்றது.

மனித வரலாற்றை நோக்கும் போது வேற்றுமையும் (diversity), நிலைக்கேற்ற தழுவலும் (adaptedness) மெய்யாக இல்லை. எல்லாவற்றையும் கடவுள் படைத்தார், அதன்படியே நடக்கின்றன என்று கருதுபவர்களும் உண்டு. ஆனால் இக்கருத்து மறைந்து கொண்டிருக்கிறது. நம்மைச் சுற்றியுள்ளனயாவும் ஒரே மாதிரியாக இருந்தனவல்லவென்றும் வேறுபட்ட தோற்றமுள்ள மூதாதையர்களிலிருந்து படிப்படியாக மாறி இந்நிலைக்கு வந்தனவென்றும் கருதுகிறார்கள். மூதாதையர்கள் மிகவும் எளிய நிலையிலும், அதிக சிக்கலில்லாமலும் இருந்தனவைகளென்றும். அவைகளிலிருந்து படிப்படியாக மாறி தற்போது உள்ள நிலைக்கு வந்ததுடன், மேலும் அச்செயல் நிகழ்ந்து கொண்டிருந்ததால் மாறிக் கொண்டிருப்பதாகவும் கருதுகிறார்கள். இம்மாற்றங்களுக்குரிய காரணங்களை ஆய்வுக்கூடங்களில் நேரடியாகவும் சோதனைகள் மூலம் கண்டறிந்து வருகின்றனர்.

இக்கொள்கைகளின் தோற்றமும் வளர்ச்சியும் கூற வேண்டுமானால் நீண்டு கொண்டே போகும். 1859-ல் சார்லஸ் டார்வின் கூறிய சான்றுகளின் பேரில் இப்படி மலர்ச்சிக் கொள்கையை இரு முக்கிய வழிகளில் பலரும் ஆராய ஆரம்பித்தனர். ஒன்று பொதுக்குணங்கள், ஒப்பிடுதல், தொல்லுயிரியல் போன்ற முறைகளில் ஆய்தல்; மற்றொன்று அப்படி மலர்ச்சிக்குரிய காரணங்களையும் நுட்பங்களையும் சோதனைகள் மூலம் கண்டறிதல். இந்த இரண்டாம் முறையில், மரபியல் வல்லுநர்கள் (Geneticist) சூழியல் வல்லுநர்கள் (Ecologist) கண்ட கொள்கைகள் இடம் பெறுகின்றன. படிமலர்ச்சி மெதுவாகவும் படிப்படியாகவும் மாறுவதாகும். மாறுபாடுகளுடன் வழிவழி வருவதை படிமலர்ச்சி என்றார் சார்லஸ் டார்வின் (descent with modification).

சார்லஸ் டார்வின் இயற்கைத் தேர்வு முறையில் படிமலர்ச்சியை விளக்க முயன்றார். ஆனால் தற்காலத்தில் அவருடைய கொள்கையின் அடிப்படையில் புதிய விளக்கங்களைப் பலரும் தருவிக்கின்றனர். டார்வினுக்குப் பிறகு கிரிகர் மெண்டல் என்பவர் பரம்பரையியலுக்கு விதிகள் மூலம் விளக்கங்கள் தந்தார். இவரைப் போலவே புதிய விளக்கங்களைப் பலரும் தருகின்றனர். U. Sல் T. H. மார்கன், H J. முல்லர்; இங்கிலாந்தில் C.D. வேடிங்ட்டன், R A ஃபிஷர், J.B.S. ஹேல்டேன், J.S. ஹக்ஸ்லி, R. மாதர்; ஜெர்மனியில், B. ரென்ச். N.W. திம்மாஃ

பீஃப் - ரெசோவஸ்கி; U.S.S.Rல் N.P. டுபினின், I.I. ஷாமல் ஹாசன்; U.S ல், E. மெயர், J.T. பேட்டர்சன், G.L. ஸ்டெட் பின்ஸ், சீவல்ரைட், T. டாப்ஷான்ஸ்கி (ரஷ்யாவில் பிறந்து அமெரிக்காவில் வாழ்கிறவர்) பலரும், படிமலர்ச்சிக்கு பல்வேறு வகையில் விளக்கம் அளித்துள்ளனர். லாமார்க், டீ வே ரி ஸ் போன்றவர்களையும் மறக்க முடியாது.

ஆய்வுக்கூடங்களில் படிமலர்ச்சி

இயற்கைச் சூழ்நிலையில் விலங்குகளிலும் தாவரங்களிலும் படிமலர்ச்சியைக் காண்பது மிகவும் கடினம் அதனாலேயே டார்வின் இயற்கைத் தேர்விற்கு மறைமுகமான ஆதாரங்களை அளித்தார். அவருக்கு நேரடியாக பார்க்கத் தகுந்த வாய்ப் பில்லை. அந்நாளில் ஆய்வுக் கூடங்கள் அவ்வளவாக பெருகி ஆராயாத நிலையில் இருந்தன. ஆனால் தற்காலத்தில் ஆய்வுக் கூடங்களிலேயே, படிமலர்ச்சி மாற்றங்களைக் கண்டறிய நம் விருப்பம் போலவே செயல்படுத்தலாம். அதற்குத்தக்க உயிரி பாக்டீரியாக்களே. மாதங்கள், ஆண்டுகள் என்று காத்திராமல் மணிக்கணக்கில் பல சந்ததிகளை உண்டாக்கி, அவைகளில் நிகழ்வன வற்றை குறிப்பிட முடிகிறது. சில நாட்களில் நிகழும் மாற்றங் களுடன் பல சந்ததிகளைப் பற்றி பாக்டீரியாவில் காண்பதை பல ஆயிரம் ஆண்டுகளுக்குப் பின்தான் உயர்மட்ட விலங்குகளில் காண முடியும்.

கெடுதி விளைவிக்காத, பயனுள்ள பாக்டீரியாவன: எஸ்சரிக் கியா காலை (Escherichia coli) என்ற குடல்வாழ் பாக்டீரியாவை இதற்குப் பயன்படுத்துகிறார்கள், இவைகளை தக்க ஊட்டத்தில் வளர்க்க முடியும். அகர் (agar) ஊட்டத்தில், 98°F வெப்பத் தில் இச்செல்கள் நன்கு வளர்கின்றன. அவைகள் 20 நிமிடங் களுக்கு ஒரு முறை பிரிந்து பல பிலியன் (billion) சந்ததிகளை உண்டாக்குகின்றன.

ஸ்ட்ரெப்டோமைசின் என்ற உயிர் கொல்லியைப் பயன் படுத்தி இவைகளைக் கொன்று விடலாம். சுமார் 25 கி.மி.; ஒரு லிட்டரில் இட்டு அதன் வளர்ச்சியைக் கட்டுப்படுத்தலாம். அண்மையில் நியூயார்க், கோல்ட்ஸ்பிரிங் ஆர்பரைச் சேர்ந்த கார்னீ நிறுவனத்தைச் சேர்ந்தவர்களான மிலிஸ்லேவ் டெமரிக் (Milislav Demeric) என்பவரும் அவருடைய சகாக்களும், இப் பாக்டீரியாக்களை தனித்தட்டில் வளர்த்து, அதில் ஸ்ட்ரெப்டோ மைசினையும் சேர்த்ததில், ஒரு சில செல்கள் உயிருடன் பிழைத்

இருப்பதைக் கண்டனர். இவைகளின் இளங்கன்றுகள் ஸ்ட்ரெப்டோமைசின் உள்ள ஊடகத்தில் பெருகுவதையும் இவர்கள் கண்டனர். ஒரு நிலையான திடீர் மாற்றம் (mutation)ஏற்பட்டிருப்பதால், அவைகள் அவ்வுயிர் கொல்லிகளுக்கு எதிர்த்து தடுப்பாற்றல் பெற்று விட்டன. ஆனால் அவைகளின் மூதாதையர்கள் கூருணர்வு (sensitive) உயிரிகளாக இருந்தனர்.

இத்தடுப்பாற்றல் இவைகளுக்கு எப்படி வந்தது. மியூட்டேஷன் தான் இதற்கு காரணமா? டெமரிக் என்பவர் சோதனைகள் மூலம், அவ்வாறில்லை என்று விளக்கியுள்ளார். அவ்வுயிர் கொல்லி இல்லாது போனாலும், அதிக வளர்ப்பு மூலம், ஒரு சில தடுப்பாற்றல் பெற்ற மியூட்டண்ட்கள் உண்டாகின்றன. அதாவது ஒரு பிலியனுக்கு ஒரு செல் வீதம் இம்மாதிரி நிகழ்கிறது என்று அதன் தகவெண்ணைக் குறிப்பிட்டுள்ளார். ஸ்ட்ரெப்டோமைசின் மியூட்டேஷனைத் தூண்டவில்லை என்றும், அவ்வளர்ப்பில், தடுப்பாற்றல் பெற்ற மரபுக்கால் வழியை (strain) பொருக்கி எடுத்தலாகும் (selecting agent) என்றார். அவ்வுயிர் கொல்லியை அவ்வளர்ப்பில், தடுப்பாற்றல் பெற்ற மரபுக்கால் வழியை (strain) பொறுக்கி எடுத்தலாகும் (selecting agent) என்றார். அவ்வுயிர்க் கொல்லியை அவ்வளர்ப்பில் சேர்த்ததும், நார்மல் வகைகளை அது கொன்று விடுகிறது. கூருணர்வு பெற்றவைகள் மட்டும் தப்பிப் பிழைத்து இனப்பெருக்கம் செய்கின்றன. படிமலர்ச்சி மாற்றங்கள், சூழியல் மூலம் கட்டுப்படுத்தப்பட்டாலும் அக்கட்டுப்பாடு மறைமுகமானது. அதாவது செயற்கை அல்லது இயற்கைத் தேர்வு மூலம் நடைபெறுகிறது.

இத்தேர்வை எது ஆளுகிறது? ஸ்ட்ரெப்டோமைசின் இல்லாது போதும் தடுப்பாற்றல் பெற்ற பாக்டீரியா தோன்றினாலும் சாதாரண வளர்ப்பில், கூருணர்வு வகைகள் ஏன் வலிமிக்கிருக்கின்றன? ஏன் எல்லா குடற் பாக்டீரியாக்களும், தடுப்பாற்றல் பெற்ற மியூட்டண்ட்கள், அவ்வூடகத்தில் அம்மட்டத்துடன் இல்லாதிருந்தால் பாதிக்கும் நிலையில் இருக்கின்றன. அவ்வகையான தடுப்பாற்றல் பெற்றவைகள், அந்த ஸ்ட்ரெப்டோமைசின் இல்லாதிருந்தால், அவைகளில் சுமார் 60% இறந்து விடுவதாக டெமரிக் கணக்கிட்டுள்ளார்.

ஸ்ட்ரெப்டோமைசின் சேர்க்காத அவ்வூடகத்திலிருந்து மரபுக்கால் வழிகளையும் பெறமுடியும். இம் மருந்து தேவைப் பட்ட பாக்டீரியாக்களை, அவ்வூடகத்தில் வளரச் செய்தால் அ.

மருந்து இல்லாததினுல் அவைகள் பெருகாது மடிந்து விடுகின்றன. அவைகளில் அம் மருந்து தேவையோ அல்லது இல்லாததோ போன்ற சில மியூட்டண்ட்கள் மட்டும் வளரும். இம்மாதிரியான திருப்ப (reverse) மியூட்டண்ட்கள் ஒவ்வொரு சந்ததியின் ஒவ்வொரு பிலியன்களுக்கு (billion) 37 நிகழ்வெண் வீதம் இருக்கின்றன என்று டெமரிக் கணக்கிட்டுள்ளார்.

மற்ற இன பாக்டீரியாக்களிலும் இம்மாதிரி கண்க்கெடுத்துள்ளனர். பல உயிர்கொல்லி மருந்துகளைப் பயன்படுத்தியும் ஆய்ந்துள்ளனர். பென்சிலின் பயன்படுத்தும்போது சில பாக்டீரியாக்கள் அழியாமல், எதிர்த்து பலவாகப் பெருகி புதிய மரபுக்கால் வழிகளையும் உண்டு பண்ணுகின்றன. இதனுலேயே மருந்துகள் அதிகம் பயன்படுத்தினுல் பலவாருன மருந்துகளுக்கு எதிர்ப்பு வகைகள் தோன்றி பயனற்ற நிலை ஏற்பட்டு விடுகின்றன. அவ்வுயிரிகள் புதிய மியூட்டண்ட்களை உற்பத்தி செய்து விடுவதே இதற்குக் காரணமாகும்.

பெரிய உயிரிகளான கொசுக்களிலும் ஈக்களிலும் இம்மாதிரியான படிமலர்ச்சி மாற்றங்கள் காணப்படுகின்றன. ஈக்களைக் (musca domestica) கொல்ல டிடிட்டி (DDT) என்ற மருந்தைப் பயன்படுத்தினர் (சுமார் 15 ஆண்டுகளுக்கு முன்). ஆரம்ப காலத்தில் இம்மருந்தினுல் ஈக்கள் இறந்தன. ஆனுல், பல நாடுகளிலிருந்து கிடைத்த தகவல்களின்படி, சில இடங்களில் (localities) இம்மருந்துகளுக்குப் பயனில்லை என்றும் தெரிகிறது. (நியூயார்க், ஃப்ளாரிடா, டெக்சாஸ், இத்தாலி, சுவீடன் போன்ற இடங்களில்) சில ஈக்களுக்கு டிடிட்டிக்கு தடுப்பு ஆற்றல் (resistance) பெற்றுள்ளன. மனிதர்களே ஈக்களின் இப்பெருக்கத் தேர்வுக்கு ஏஜெண்ட்களாகி விட்டனர். மற்ற பூச்சிகளைக் கொல்ல விஷப்புகைகளை விட்டு கொல்வதுண்டு (e.g., hydrocyanic gas against scale insects in orchards). அவ்வாயுவை எதிர்த்து அப்பூச்சிகளிலிருந்து பல புதிய மரபுக்கால் வழிகள் (strains) உண்டாயின.

இயற்கையாக மியூட்டண்ட்கள் உண்டானுல் தான், படிமலர்ச்சித் தேர்வு நிகழ முடியும். பாக்டீரியாவிலும், ஈக்களிலும் அவைகள் உள்ள இடத்தில் ஒரு மியூட்டண்டாகிலும் உண்டானுல் தான், அங்கு படிமலர்ச்சி ஏற்பட வாய்ப்புண்டு. DDT தெளிக்கும் எல்லா இடங்களிலும் அம்மாதிரியான தடுப்பு ஆற்றல் பெற்ற மரபுக்கால் வழிகள் உண்டாவதில்லை. முற்காலத்தில் இம்மாதிரி

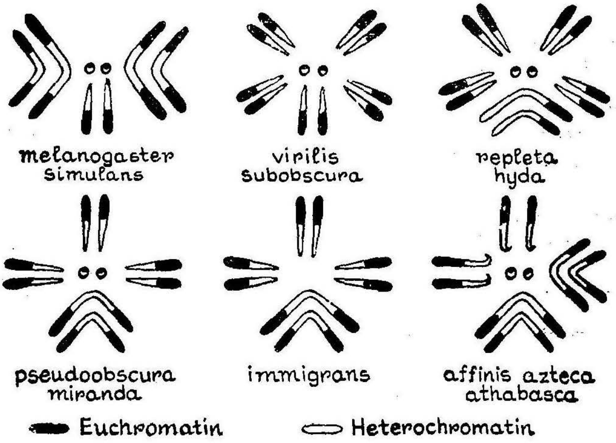
யான மியூட்டண்ட்கள் இல்லாததினால், புதிய சூழ்நிலைக்கேற்ப மாறிக் கொள்ளாமல் பல இனங்கள் மடிந்து விட்டன. ஆகவே மியூட்டண்ட்கள் தான் படி மலர்ச்சி மாற்றங்களுக்கு மூலப் பொருள்களாக அமைகின்றன.

மியூட்டேஷன் அல்லது நிலையான திடீர் மாற்றங்கள்

வைரஸ் முதற்கொண்டு மனிதன் வரையிலும் உள்ள எல்லா உயிரிகளிலும் நேரத்திற்கு நேரம் மியூட்டேஷன்கள் நடைபெறு கின்றன. டுரோசோஃபைலா என்ற பழப்பூச்சிகள் இதற்கு ஒரு முக்கிய ஆய் பொருளாகப் பயன்படுகின்றன. இவைகளை ஆய்வுக் கூடங்களில் மிக எளிதாக வளர்க்கலாம். இவைகளின் உடலில் பல மாற்றங்கள் மியூட்டேஷன்களில் ஏற்படுகின்றன. மியூட்டேஷன் கள் ஏற்படும் போது அவைகளின் கண் நிறங்கள், இறக்கைகள் போன்றவைகள் பாதிக்கப்படுகின்றன. இம்மாற்றங்களை எளிதில் கண்டு கொள்ளலாம். சில மாற்றங்கள் உன்னிப்பாகக் கவனித் தாலொழிய காணமுடியாது. மேலும் சிலவற்றில் அம்மாற்றங் களைக் காணுவதற்கு முன்பே இறந்து விடுகின்றன. இவைகளுக்கு கொல்லி மியூட்டேஷன்கள் (lethal mutations) என்று பெயர்.

மரபியல் முறையில் படிமலர்ச்சி ஏற்படுவதெப்படி? சிறப் பாகக் கூற வேண்டுமானால் குரோமோசோம்களின் அமைப்பு மாற்றங்களும், எண்ணிக்கை மாற்றங்களும், ஜீன்களின் புள்ளி மாற்றங்களும் மிக முக்கியமானவையாகும். ஊமத்தைச்செடி, டுரோசோஃபைலா போன்றவற்றில் கண்டது போல் அமைப்புக் களும் எண்ணிக்கைகளும் புதுப்புது இனங்களை உண்டாக்கு கின்றன. எடுத்துக்காட்டாக இங்கே டுரோசோஃபைலாவின் குரோசோம்களினுடைய மாற்றங்களைக் கூறலாம். டுரோசோஃ பைலாவில் உள்ள குரோமோசோம்களின் அமைப்பு (structure), எதிர்மாற்றங்கள் (translocation), தலை கீழ்த் திருப்பங்கள் (inversion) போன்ற மாற்றங்களினால மாறி யமைகிறது என்று கூறினோம். அவ்வாறு மாறியமைவதால் புதுப் புது இனங்கள் உண்டாகின்றன அல்லது எதிர்மாற்றங்களின் மூலம் குரோமோசோம்களின் எண்ணிக்கையும் குறைவதுமுண்டு. (உ-ம்) டுரோசோஃபைலா மெலனோகாஸ்ட்டல் (D. Melanogaster) காணப்படும் 'V' உருவ X குரோமோசோம் முதலில் தனித் தனிக் குரோமோசோம்களாக இருந்திருக்கலாம். ஏனெனில் டு. விரிலிஸ் (D. Virilis) என்ற இனத்தில் தனித்தே காணப்படு கிறது. டுரோசோஃபைலாவில் குரோமோசோம்களின் சாதாரண எண்ணிக்கை எட்டாகும். இவ்வெண்ணிக்கைகளில் கூடவோ, குறையவோ செய்தால் அது தனி இனமாக விளங்குகிறது.

உதாரணமாக, டு. மெலனோகாஸ்டர், டு. விரிலிஸ், டு. சூடோ அப்ஸ்கூரா போன்றவற்றைக் கூறலாம். கலப்பினங்கள் (hybrid) உண்டாகும் போதும் புதுப்புது இனங்கள் உண்டாகின்றன.



படம் 130.

படிமலர்ச்சியினால் தோன்றிய சிலவகை டுரோசோஃபைலாவின் குரோமோசோம்கள்

அவற்றில் சில மலட்டுத் தன்மையாகவும் இருக்கும். மேலும் வெவ்வேறு தேசப் பூச்சிகள் (கிழக்கு, மேற்கு நாடுகள்) இனக் கலப்புச் செய்யும் போதும் (உ-ம்: டு. சூடோ அப்ஸ்கூரா × டு. பெர்சிமிலிஸ்) ஆண்கள் மலடாக வளர்கின்றன. ஆசியப்பூச்சிகளுடன் அமெரிக்கப் பூச்சிகளை இனக் கலப்பு செய்தால் இவற்றிற்கிடையில் வளமான பூச்சிகள் உண்டாகின்றன, (டு. விரிலிஸ்) × டு. அமெரிக்கானா). ஆனால் இது பெற்றோர்களின் பாலைப் (sex) பொறுத்ததாகும். இவ்வாறே புகையிலை பருத்திச் செடிகளிலும் இந்நிலைகளைக் காணலாம்.

பொதுவாகக் கூறுவோமானால் பலமயம் (polyploidy) வெவ்வேறு இனங்களை உண்டாக்குகின்றன. (உ-ம்) முள்ள கோஸ் (raphaanobrassica), ஆட்டோ, ஆல்லோபாலிபிளாய்டுகளும் புது இனங்களை உண்டாக்குகின்றன.

செயற்கை முறையில் நிலையான திடீர்மாற்றங்கள் செய்து பார்த்ததிலிருந்து புதுப்புது இனங்களும் உண்டாயின. இவ்வா

ராய்ச்சிகள் இயற்கையிலும் நடக்கும் மாற்றங்களைப் பற்றி அறியப் பயன்படுகின்றன. அவ்வாறு மாறிய மியூட்டண்ட் ஜீன்கள் பெரும்பாலும் தீமையே விளைவிக்கின்றன. சென்ற அரை ஆண்டில் ஆய்வுக் கூடங்களில் நன்மை பயக்கும் ஜீன்களைப் பிரித்தெடுத்துப் (தீமை பயனற்றவற்றை நீக்கி) பார்த்ததில் பல்லாண்டுகளாகப் படிமலர்ச்சிக்கு இயற்கையில் எவ்வளவு மாற்றங்கள் ஏற்பட்டிருக்கக் கூடும் என்பதை யூகிக்கமுடிகிறது. முல்லர் (1960) வெள்ளைக்கண் டுரோசோஃபைலாவுடன் மற்றப் பூச்சிகளை இனக்கலப்புச் செய்து சுமார் 25 சந்ததிகளைப் பற்றி ஆராய்ந்ததில் ஓர் இனக் கூட்டத்தில் வெள்ளைக்கண் ஜீன்கள் இல்லாமலேயே செய்துவிட்டார். இனக்கூட்ட மரபியல் (population genetics) பகுதியில் ஜீன்களின் நிகழ்வுத் தன்மை பற்றியும், தகவெண்கள் பற்றியும் விளக்கமாகக் கூறப்பட்டிருக்கிறது. மரபியல் சமநிலை பற்றி (genetic equilibrium) விளக்கியுள்ளனர். ஹார்டி—வியன் பர்க் விதி எவ்வாறு ஓர் இனக் கூட்டத்தில் காணப்படுகிறது என்றும் விளக்கியுள்ளனர்.

பெரும்பாலும், குறிப்பிட்ட மியூட்டேஷன்களின் நிகழவுத் தகவெண் (frequency) மிகக் குறைவே. ஸ்ட்ரெப்டோமைசினுக்கு ஒவ்வொரு பில்லியனுக்கும் ஒரு செல் விதமும், திருப்ப மியூட்டேஷன் 37 பங்கு அதிகமாக பாக்டீரியாவில் நிகழ்வதாகக் கூறினோம். ஆனல் டுரோசோஃபைலாவிலும் தானியங்களிலும் ஒவ்வொரு சந்ததியிலும் அத்தகவெண், 100,000க்கு ஒன்று என்ற விதம் முதற்கொண்டு, ஒரு மிலியனுக்கு ஒன்று என்ற விதம் வரைக் காணப்படுகிறது. இங்கிலாந்தில் ஹேல்டேனும் (J.B.S. Haldane) அமெரிக்காவில்- ஜேம்ஸ் நீலும் (James Neel) கணக்கிட்டதில், மனிதர்களில் காணும் குருதிப்பற்று நோயும், கூலிகள் நோயும் 2500க்கு ஒன்று விதம், முதற்கொண்டு 100,000க்கு ஒன்று விதமும் காணப்படுவதாகக் கணக்கிட்டுள்ளனர். இதனுல் பாக்டீரியாக்களை விட மனிதர்கள் மிக எளிதில் மியூட்டேஷன்களினுல் பாதிக்கப்படுகின்றனர் என்று தெரிகிறது. ஆனுல் மனிதர்களில் ஒரு சந்ததி என்பது 25 வருடங்களில் நிகழ்கிறது. டுரோசோஃபைலாவில் இரு வாரங்களிலும், பாக்டீரியாவில் 25 நிமிடங்களிலும் நிகழ்கின்றன. இதனுல் ஒவ்வொரு யூனிட் நேரத்தின் மியூட்டேஷன்களின் தகவெண், மனிதர்களைவிட பாக்டீரியாக்களில் அதிகமே.

ஓர் உயிரியில் பல பாகங்கள் மியூட்டேஷன்களினுல் பாதிக்கப் படுகின்றன. இவைகள் எல்லாம் சேர்ந்து எப்படி அடுத்தடுததுக்

காணப்படுகின்றன? இதைக் கணக்கிடுவது அவ்வளவு சுலபமல்ல. ஏனெனில் ஒவ்வொரு சந்ததியிலும் பாற் செல்களில் சிலவும் உடற் செல்களில் பலவுமாக அமைந்துள்ளதே. எல்லா உயிரிகளிலும், பெரும்பாலான மியூட்டேஷன்கள், கெடுதியை விளைவிக்கக் கூடிய தாக இருந்தால், அவைகள் படிமலர்ச்சிக்கு எவ்வாறு பயன் படும்? ஒரு சூழ்நிலையில் உண்டாகும் மியூட்டேஷன் அது வாழும் சுழலுக்கு ஏற்ப கெடுதலாக இருந்தாலும், அச்சூழ்நிலை மாறும் போது. அம்மாற்றம் பயனுள்ளதாக அமையும். மியூட்டேஷன்கள் அவ்வுயிரியினுடைய முன்னேற்றத்திற்கு தழுவுதல் (adaptation) பயனுடையதாக இருக்கிறது. இயற்கையில் பல தடவைகள் இம் மியூட்டேஷன்கள் நிகழ்கின்றதைப் பார்க்கிறோம். பயனுள்ளன சாதாரண இன அமைப்பிற்கு ஏற்றதாக அமைகிறது. சூழ்நிலை மாறும் போது முன்பு ஒதுக்கப்பட்ட மியூட்டேஷன்கள், அனுகூல முள்ளதாக அமையப்பெற்று அவ்வினத்தில் படிமலர்ச்சி மாற்றங் களைச் செய்கின்றன. இவ்வாறுன ஒவ்வொரு மியூட்டேஷனும், பயனுள்ளதாக அமையுமென்றில்லை. பலதீமை விளைவிப்பனவாக இருந்தாலும் ஒரு சில சிறுபான்மையில் நன்மை பயப்பனவாக இருக் கின்றன. சூழ்நிலை மாறுமல் இருந்தால் அங்கு வாழும் இனங்கள் சூழ்நிலையைத் தழுவி மேலும் மாறுத நிலைக்கு வந்துவிடுகின்றன. ஆனுல் சூழ்நிலை ஒரு போதும் மாறுத நிலையில் இருப்பதில்லை. அது நேரத்திற்கு நேரம் இடத்திற்கு இடம் மாறிக்கொண்டுதான் இருக்கிறது. மியூட்டேஷன் நிகழாமல் இருந்தாலும், சூழ்நிலைக் கேற்ப இருந்தாலும் அங்கு வாழும் இனம் மறையத் தோன்றி விடும் (extinct). மியூட்டேஷன் என்பது உயிரிகள் தழைத்து வாழ் வதற்காக (survive) கொடுக்கப்படும் விலையே ஆகும். பய னுள்ளதோ இல்லையோ மியூட்டேஷன்கள் நியதியற்றவாறு (random) நிகழ்கின்றன. அப்படி இருந்த போதிலும், அவைகள் இனங்களின் தழுவுதலுக்கு அதிக வாய்ப்பளிக்கின்றன.

ஜீன்கள்

தனக்குத்தானே இனப்பெருக்கம் செய்துகொள்ள வல்லதே ஜீன்களாகும். இவைகள் குரோமோசோம்களில் இருக்கின்றன வென்றும், அவைகளின் அமைப்புகள் பற்றியும் முன்பே விளங்கி யுள்ளோம். சைட்டோபிளாசத்திலுள்ள ஜீன்களுக்கு பிளாஸ்மா ஜீன்கள் என்று பெயர். மேலும் இனங்கள் பெருகும்போது தன் னைப் போலவே மற்றென்றையும் (copy) உண்டாக்குகிறது. சில சமயங்களில் இந்த நகல் பிழை நகலே மியூட்டேஷனுகும் வெப்பம் X-கதிர்கள் போன்ற சில ஏஜெண்டுகள் மூலம் இவை களை உண்டாக்கலாம் என்பதும் தெரிந்ததே.

இந்த ஜீனை சூழ்நிலை மாற்ற முடியுமா? முடியும் எம்மாதிரியான மாற்றம் என்பது முக்கியமாகும். விஷம் அல்லது வெப்பம் மூலம் அது மாறுவதே மிகச் சுலபமானதாகும். தன்னை ஒத்த மாதிரி உண்டாக்க முடியாதது ஜீனல்ல. அது இறந்த ஒன்றாகும். அந்த ஜீன் மாறிய நிலையிலும் தன்னைப்போல் நகல் எடுக்கக் கூடியதாக இருக்க வேண்டும். ஆனால் மூலப் படிவம் போலல்ல. இம்மாதிரியான மாற்றங்கள் மிக அபூர்வமாகும். இவ்வபூர்வநிலை ஜீன்கள் புக வழியளிக்காத சூழ்நிலையினால் ஏற்பட்டதல்ல. ஏனெனில் உடலில் ஜீன் பொருட்கள் தான் மிகவும் சுறுசுறுப்பானதாகும். அதுவும் அவைகள் அடிக்கடி தானாகப் பெருகிக் கொண்டும் புதிய மாற்றங்களை செய்து கொண்டும் இருக்கின்றன.

பரம்பரையில் ஏற்படும் மாற்றங்களுடன் இதைக் குழப்பிக் கொள்ளக் கூடாது. (உ-ம்.) கண் நிறத்திற்குரிய ஜீனும், தசைத் தன்மைக்குரிய பரம்பரை உடைமை (inheritance) போன்றவைகள் பரம்பரை பொருட்களை வழி வழியனுப்பும் பால் செல்களுக்கு (sex cells) கண்களுமில்லை. தசைத் தன்மையுமில்லை. ஜீன்கள் அவைகளை உண்டாக்கத்தக்க பாங்காக்குகின்றன (patterns of development). அதனால் ஜீன்கள் வெவ்வேறு உணவுப் பொருட்களிலிருந்தும், வெவ்வேறு சூழ்நிலையிலிருந்தும், வெவ்வேறு குணங்களையும் அல்லது கூறுகளையும் உடலில் தோற்றுவிக்கின்றன. பரம்பரையும் சூழ்நிலையும் அவ்வளர்ச்சியைப் பாதிக்கின்றன.

இரத்தத்தின் மூலமே பரம்பரைப் பொருட்கள் இளங்கன்றுகளுக்குச் செல்வதாக முன்பு பொதுவாக கருதுகிறார்கள். மெண்டலின் கண்டுப் பிடிப்பிற்குப் பின் (1865) இக்கருத்து அறிவியல் ரீதியாக மறுக்கப்பட்டுள்ளது ஜீன்கள் மூலமே மரபுப் பொருட்கள் வழிவழி வருகின்றன என்றும், அந்த ஜீனின் பல்வேறு மாற்றுருக்களே (varients) ஓர் உயிரியில் ஒன்று சேரப்பட்டுள்ளனவென்றும், அதுவே ஹைபிரிட் (hybrid) என்றும், இதில் அவைகள் ஒன்றோடொன்று கலந்து விடவில்லை என்றும், தனித்தே இருக்கின்றன வென்றும் நமக்குத் தெரிந்ததே. ஹைபிரிடிலிருந்து பால் செல்கள் உண்டாகும் போது இவைகள் பிரிவதிலிருந்தே இவைகள் அவ்வாறுள்ளன என்பது புலனாகிறது.

ஒரு தனி உயிரியில் பல ஆயிரக்கணக்கான ஜீன்கள் இருக்கின்றன. உதாரணமாக டுரோசோஃபைலாவில் 5000 முதல் 1?000 ஜீன்கள் இருக்கின்றன. ஒவ்வொரு ஜீனும் மியூட்டேஷனால், பாதிக்க

பட்டால், இனத்தொகையில் ஒவ்வொரு இனத்திலும் பல மாறுபாடு களுடைய ஜீன்களே காணப்படும். மனிதர்களிடத்தில், தோல், கண் நிறம், மயிர் அமைப்புப் பரவி வியாபித்தலும், தலையில் மூக்கு, உதடு என்ற ஒவ்வொன்றிலும் பலவேறு மாறுதல்கள் இருக்கின்றன. ஒவ்வொரு கூறும் (trait) ஒன்று அல்லது பல ஜீன்களினால் பாதிக் கப்பட்டனவே. ஒருவனிடத்தில் 1000 ஜீன்கள் மட்டும் இருப்ப தாகக் கொண்டால், அதனுடைய ஒவ்வொரு ஜீனும் இரு மாற் றுருக்களே பெற்றுள்ளன என்று கொண்டால், மெண்ட லின் விதிப்படி வெவ்வேறு மறு இணைவுகள் மூலம் $_2/1000$ என்ற அளவு ஜீன்களை உண்டாக்குகின்றன. ஆனால் ஜீன்களின் எண்ணிக்கை பன்மடங்கு அதிகமுடையனவே. இந்த எண் எழுத மிக சுலபமாக இருந்தாலும், நினைத்துப் பார்க்கக் கூட முடியாத ஒன்றாகும். குறிப்பாகக் கூற வேண்டுமானால், இரட்டையர்கள் தவிர, மற்றவர்கள் ஒருவர் போல் மற்றொருவர் இருப்பதில்லை. எந்த இனத்தை எடுத்தாலும் இவ்வாறே. பால்முறை இனப் பெருக்கத்தில், ஜீன்களின் மறு இணைவு புதுப்புது வகைகளை பெரு மளவில் உண்டாக்குகின்றன. ஓர் உயிரியில் ஓர் இணைவு நன்மை யாக இருந்தால் அதுவே மற்றொன்றில் அல்லது ஹைபிரிட் அமைப் பில் அவ்வாறு இருப்பதில்லை. இயற்கைத் தேர்வு (natural selection) (சோதனைகளில்) ஒரு சூழலில் ஒரு ஜீனை மட்டும் தேர்ந்தெடுக்காமல், அந்த உயிரியின் ஜீன்கள் திட்டத்தையேப் பொறுக்கி எடுக்கிறது.

மேலும் இவ்வுலகத்தில் ஒரே மாதிரியான சூழ்நிலை ஏற் பட்டால், அதாவது ஒரே மாதிரி மண், உணவு முதலியன இருந் தால், ஒரு வகையான உயிரிதான் உண்டாகும். ரஷ்ய உயிரியல் வல்லுநர் காஸ் (Gause) இதுபற்றிக் கூறும்போது வேறு சில வகைகள் உண்டாவதினால் தான், குறைந்த ஆற்றலுடையவைகள் நீக்கப் பெறுகின்றன. ஆனால் சூழ்நிலை ஒரே மாதிரி அமையாமல் மாறி மாறி அமைவதுடன், பலவாறான பருவங்களும்' காடு, மலை, கடல் என்ற பல வகை நிலைகள் ஏற்படுகின்றன. இப்படி அமை வதால், புரோட்டோபிளாசத்திற்கு படிமலர்ச்சியினால் பல பொறுப்புக்கள் தோன்றியுள்ளன.

சில சூழ்நிலைத் தழுவல்கள்

பல விலங்குகள் தாவர இனங்கள் பல தோற்றமைப்பு (அல்லது) பாலிமார்பிக் (polymorphic) ஆகும். அதாவது ஒவ் வொன்றும் இயற்கையில் இரண்டு அல்லது அதற்கு மேற்பட்ட வகைகளாக (kinds) இருத்தல் என்பதாகும். எடுத்துக்காட்டாக சீமாட்டி பறவை வண்டு (lady bird beetle—adalia bipuncta)

கறுப்பு புள்ளிகள் கொண்ட சிவப்பாகவும், அல்லது சிவப்பு புள்ளிகள் கொண்ட கறுப்பாகவும் இருப்பதைக் கூறலாம். நிறவேற்றுமை பரம்பரையாக வருவதே. கறுப்பு ஓங்கும் அல்லீலாலும் நிகழ்கின்றன. இவ்விரு வகைகளும் அடுத்தடுத்து வாழ்ந்து இனப் பெருக்கம் செய்ய வல்லமையுடையன. ஜெர்மனியின் பெர்லினுக்கருகே கறுப்புநிற வண்டுகள் இளவேனிர் காலத்திலும் (spring) சிவப்பு குளிர் காலத்திலும் (winter) காணப்படுவதாக டிம்மாஃபீஃப்-ரிசோரவஸ்கி (Timofeeff-Ressovsky) கூறியுள்ளார். இம்மாற்றங்களுக்குத் தோற்றம் (origin) என்ன? பருவகாலம் இம்மாதிரியாக மாற்றி இருக்க முடியாது. இம்மாற்றங்கள் இயற்கைத் தேர்வு மூலமே நிகழ்ந் திருக்க வேண்டும் (natural selection). கறுப்புநிற வண்டு சிவப்பை விட கோடை காலத்திலும், சிவப்பு குளிர் காலத்திலும் மிக வெற்றிகரமாக இனவிருத்தி செய்கின்றன. இவைகள் ஒரு பருவத்தில், பல சந்ததிகளை உண்டாக்க வல்லமைப் பெற்றிருப் பதால், மரபியல் மாற்றங்களும் சூழ்நிலைக்கேற்ப மாறுகின்றன. மேலும் கறுப்பு நிற வண்டுகள் குளிர்காலத்தில் அதிகம் இறக்க நேரிடுவதால் இக்கொள்கையில் உண்மை இருக்கிறதாகக் கருதலாம்.

டாப்ஷான்ஸ்கி (Theodosills Dozhansky) கலிஃபோர்னியா பகுதியில் டுரோசோஃபைலா சூடோ அப்ஸ் கூரா (drosophila pseudo aescara) இனத்தில் இம்மாற்றங்களைக் கண்டுள்ளார். இவ்வினத்தின் புறத்தோற்றம் ஒரே மாதிரியாகவும், நிறமுடைய தாகவும் இருந்தாலும் குரோமோசோம்களின் அமைப்பு வேறு பட்டே காணப்படுகின்றன. குரோமோசோம்களில் நான்கு வகைகள் பொதுவாகக் காணப்படுகின்றன. அவைகளை A, B, C, D, என்று குறிப்பிடுவோம். 1939 முதல் 1946 வரை சேகரிக்கப்பட்டது. இனக் கூட்டங்களை மாதவாரியாக கீழே கொடுக்கப்பட்டுள்ளன. இவைகளின் குரோமோசோம்களை ஆராய்ந்ததில் நிகழ்வு தகவெண் வேறுபட்டே (%) காணப் படுகின்றன.

மாதம்	A	B	C	D
மார்ச்	52	18	23	7
ஏப்ரல்	40	28	28	4
மே	34	29	31	6
ஜூன்	28	28	39	5
ஜூலை	42	22	31	5

ஆகஸ்ட்	42	28	26	4
செப்டம்பர்	48	22	26	3
அக்டோபர்	50	26	20	4
நவம்பர்				
டிசம்பர்				

ஈ டைப்கள் குளிர் காலத்தில் அதிகமாகவும், இளவேனிர் காலத்தில் குறைந்தும் காணப்படுகின்றன. C டைப்கள் இளவேனிர் காலத்தில் வளர்ந்து கொண்டும் கோடையில் குறைந்து கொண்டும் செல்கின்றன. C டைப் குரோமோசோம்கள் கொண்ட பூச்சிகள் A டைப்களைவிட சிறந்த முறையில் தழுவு தலமைப் பெற்றுள்ளன. இதனால் நிகழ்வெண்ணில் மார்ச் முதல் ஜீன் வரை A டைப்கள் குறைந்து கொண்டும் C டைப்கள் அதிகரித்துக் கொண்டும் காணப்படுகின்றன. இதற்கு எதிர் மாருக கோடையில் C டைப்களுக்கு A டைப்கள் உயர்ந்ததாகவும் இருக்கின்றன. B, D டைப்கள் குறைந்த அளவே பருவ மாறுபாடுகளைக் காட்டுகின்றன. ஆய்வுக் கூடங்களிலும் இம்மாதிரி வேறுபாடுகள் இப்பூச்சியில் காணப்பட்டன. சிக்காகோ பல்கலைக் கழகத்து சிவால்ரைட் (Sewall Wright) என்பார் இவைகளின் இனத் தொகையில் மூன்று (அல்லது நான்கு) வகை தனிப் பூச்சிகள் இருக்கின்றன என்றும் அவைகள் முறையே குரோமோ சோம் A, தந்தை, தாயிடமிருந்து பெற்றதினல் A A குரோமோ சோம்களையும், C பெற்ரேரிடமிருந்து இரு C C குரோமோசோம் களையும், வெவ்வேறு பெற்ரேர்களிடமிருந்து பெற்றதால் A C களையும் உடையவர்களாகத் தெரிகின்றன. கலப்பு AC டைப் பிற்கு அதிக அளவு தழுவுதல் மதிப்பு (adaptive value) இருப்ப தாகவும், அதையே "ஹைபிரிட் விகர்" அல்லது வீரியமுடைய கலப்பினம் (hybrid vigour) என்றுமே கூறுவதுண்டு. இயற் கையில் கோடையில் C C யைவிட A A உயர்ந்ததாகவும், இள வேனிற்காலத்தில், C C உயர்ந்ததாகவும் தெரிகின்றன. A C குரோமோசோம்கள் இருந்தால் எக்காலத்திலும் நீக்கமுடியாமல் இருக்கின்றன. ஒரே மாதிரி சூழ்நிலையிலும் A A டைப்தான் உயர்ந்ததாகவும் இருக்கின்றன. ஒரு குரோமோசோம் டைப் இழக்கப்பட்டு தற்காலிகமாக, உடனடியாக நன்மை ஏற் பட்டாலும் நீண்டகாலத்திற்குப் பிறகு நல்லபருவ காலத்தில் அது கெடுதலாகவே அமைகிறது. இதனால்தான் பாலிமார்ஃபிக் இனக்கூட்டம், ஒரே வகையான இனக்கூட்டத்தைவிட நல்ல தென்று தெரிகிறது. முன்னுள்ளவைகள் பல்வேறு சூழ்நிலைக் கேற்ப மாறி அங்குள்ள பொருட்களை பயன்படுத்தி வாழ்கின்றன.

சாதிகள் (Races)

ஒரே இனங்களின் கூட்டங்கள் வெவ்வேறு இருப்பிடச் சூழ் நிலையில் வாழநேர்ந்தால்; மரபியல் படி வேறுபாடடைகின்றன. இதையே மரபியல் வல்லுநர்கள் சாதிகள் என்று கூறுகிறார்கள். ஓர் இனக்கூட்டத்தில் சில ஜீன்களின் நிகழ்வெண்கள் வேறு பட்டால், அவைகளுக்கு சாதிகள் என்று பெயர். பழைய கொள் கைப்படி சாதிகள் என்பது இரத்தப் பரம்பரை மூலம், வழி வருவது என்பதாகும். ஆனால் புதிய தற்காலக் கொள்கைப்படி ஒதுக்கப்பட்ட இனக்கூட்டம் (isolated population) பரம்பரையின் ஒவ்வொரு சந்ததியிலும் ஒரேமாதிரியாக அமைகின்றன என்றும், அதற்கு மற்ற இனக் கூட்டத்துடன் இனப் பெருக்கம் செய்ய வாய்ப்பு ஏற்படக் கூடாத நிலையில் இருக்கவேண்டும் என்றும் தெரிகிறது. இந்தப் பழங்குடி (tribe) ஓர் "கலப்பற்ற சாதியாக" (pure race) அமைகிறது. இந்த சாதி மரபியற்படி அமைப்பொத்த வைகளாகின்றன. மக்கள் இனத்தில் முதலில் இவ்வாறு கலப்பற்று இருந்ததாகவும் கலப்பு மணங்களினால் (intermarriage) கலப்பு (miked) சாதிகள் உண்டாயின என்றும் கூறுகின்றனர்.

உண்மையில் "கலப்பற்ற" (pure) சாதி என்பது இருந்த தில்லை. அதுவும் பால் இன முறையில் இனப் பெருக்கம் செய்யும் மனித இனத்தில் இருந்திருக்க வாய்ப்பில்லை. இரட்டையர்கள் தவிர மற்றவர்கள் வேறுபட்டுக் கொண்டிருக்கிறார்கள் என்று முன்பே கூறினோம். தட்ப வெப்ப மாறுபாடுள்ள சூழ்நிலையில் வாழும் மக்கள் மரபியற்படி வேறுபட அதிக வாய்ப்புண்டு. அதனால், மத்திய ஆப்பிரிக்காவில் வாழும் மக்களில் கறுப்பு நிறத்தில் ஜீன்களின் நிகழ்வெண் அதிகமாகவும் ஐரோப்பிய இனக் கூட்டத்தில் குறைவாகவும் காணப்படுகின்ற நீல நிறக் கண்ணின் நிகழ்வெண்ணும், ஸ்காண்டிநேவியாவிலிருந்து, மத்திய ஐரோப்பா மூலம், மத்திய தரைக்கடல் ஆப்பிரிக்காவரை குறைந்து காணப்படுகின்றன. ஒரு சில நிறக்கண்ணுடைய மக்களும் காணப்படுவதுண்டு. அவ்வாறே பழுப்பு நிறங்களுடைய வர்கள் நார்வே, ஸ்வீடன் நாடுகளில் காணப்படுகின்றனர்.

இங்கு தனி நபரைக் குறிக்காமல் சாதிகளின் இனக் கூட்டத் தைக் குறிக்கின்றது என்று நினைவிலிருத்திக் கொள்ளவேண்டும். ஓர் இனத்தில் எத்தனை சாதிகள் இருக்கின்றன என்று கூறுவது மிகக் கடினம். மானிடவியல் வல்லுநர்கள் (Anthropologists) சாதிகள் இருப்பதாகவும் மற்றவர்கள் நூறு சாதிகள் இருப்ப தாகவும் கருதுகின்றனர். ஆனால் மானிடர்களில் சாதிகளை வேறு

படுத்திக் காண்பது மிகவும் கடினம். பூகோள ரீதியில் பிரிவு இருப்பதைத் தவிர வேறு வகையில் பிரித்துக் கூறுவதென்பது மிகக் கடினமாகும்.

ஓர் இனம, வெவ்வேறு மாறுபட்ட நிலப்பகுதியில் வாழும் போது அச் சூழ்நிலைக்கேற்ப மாறுவதினுல், முக்கிய வேறுபாடுகள் படிப்படியாக சேர்த்து வைக்கப்படுகின்றன. இம்மாதிரி சாதிகள், படிப்படியாக விலகிச் (divergence) செல்கின்றன். இந்த விலகல் களினுல் கெடுதல்கள் ஒன்றுமில்லை என்றுலும். சில சூழ்நிலைகளில் அவ்விலகல் நின்றுவிடலாம் அல்லது கூடலாம் (convergence) மனித இனத்தைப் பொருத்த வரை இது உண்மையாகும். முற் காலத்தில் மனித இனம், இந்நாளில் காண்பதைவிட பிரிந்தே காணப்பட்டது. பல்வேறு சூழ்நிலையல் மக்கள் வாழ்ந்தாலும். போக்குவரத்துத் தொடர்பு வளர்ந்திருப்பதால் கலப்புத் திருமணம் அதிகம் நிகழ்கின்றன. இதனுல் மரபியல் சந்திப்பு (gentic convergence) மக்களிடையே ஏற்படுகிறது.

ஆனுல் விலகிச் செல்லும் சாதிகள் அதிகமாவதாலும், இந் நிகழ்ச்சி அந்த சாதிகளை (races) இனங்களாக (spcies) மாற்று கிறது. எந்த நிலையில் இனங்களாக மாறுகின்றன என்று திட்ட வட்டமாகக் கூறமுடியாது. இதையே டார்வின் ''இனங்களின் தோற்றம்'' (the origin of species) என்று கூறினுர்,

சாதிகளுக்கிடையே கலப்பு புணர்ச்சி நிகழும்; புவியியல் பிரிவுத் தன்மையினுல் (geographical isolation) மட்டும் அவைகள் சாதிகளாக இருக்கின்றன. ஓர் இனத்தின் ஒரு சாதிமட்டும் அதே பூபாகத்தில் (territory) காணப்படும். ஒன்று அல்லது இருசாதிகள் ஒரே பூபாகத்தில் வாழ நேர்ந்தால் அவைகள் கலப்பு இனப் பெருக்கம் செய்கின்றன. ஜீன்களை பரிமாறிக் கொள் வதினுல் இறுதியில் ஒரே இனக் கூட்டமாகின்றன. இதில் மனித இனம் இதற்கு விதி விலக்காகும். மொழி, கலாச்சாரம், மதம், போன்றவைகள் மக்களை பிரித்து வைப்பதால் ஜீன் ளின் பரி மாற்றங்கள் குறைகின்றன. கலாச்சாரப் பிரிவினையைவிட (cultural isolation] உயிரியல் உறவு (biological relationship) பலமுள்ளதாகத் தெரிகிறது. அம்மாதிரியான தடையரண்களை உடைத்தெரியும் நிலையில் கலப்பு இனப் பெருக்கம் (interbreeding) காணப்படுகிறது. கட்டுப்பாடு இல்லாத கலப்பு இனப் பெருக்கம் என்றுல் எல்லோரும் ஒரே மாதிரியானவர்கள் என்று அர்த்த மல்ல. மனித இனத்தில் பல பரம்பரை வேறுபாடுகள் இன்று காண்பது போல தோன்றத்தான் செய்யும்.

இனங்களின் பிரிவினை

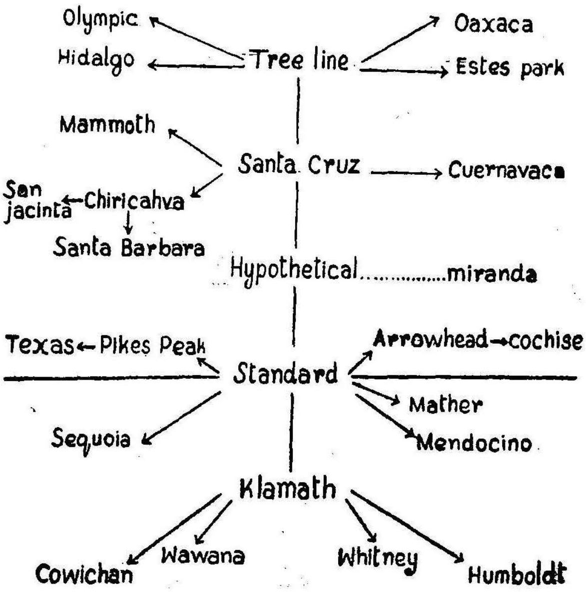
ஆனால் இனங்கள் ஒரே பூப்பகுதியில் தங்களுடைய தனிச் சிறப்பை விட்டுக் கொடுக்காமல் வாழமுடியும். இனங்கள் என்பன ஒன்றிற்கொன்று இனப் பெருக்கம் செய்ய இயலாதவைகளே. இதைப் பிரிக்க பல்வேறு முறைகள் இருக்கின்றன. அப்படி இல்லாமல் இரு வேறு இனங்கள் புணர்ச்சி செய்ய நேர்ந்தால் ஒரு கலப்புயிரியை (hybrid) உண்டாக்கும். இக்கலப்புயிரி எப்போதும் போல் வீரியமுள்ளதாக (vigorous) இருப்பதற்கு பதிலாக மலடாக (sterile) இருக்க நேரிடுகிறது. குதிரையும் (horse) கழுதையும் (donkey) சேர்ந்தால் கோவேறுக் கழுதை (mule) என்ற ஒரு கலப்பினம் உண்டாகிறது. இவைகள் மலடுகளே இருப்பினும் இவைகள் அபூர்வமாக குட்டிபோடும் (colt). இது குதிரை போல் இருப்பதால் பெரும்பாலான குரோமோசோம்கள் குதிரையிலிருந்து குன்றல் பிரிவில் வந்திருக்கின்றன.

டுரோசோஃபைலாவில், சூடோ அப்ஸ்கூரா (pseudo obscura) பெர்சிமிலிஸ் (persimilis) என்ற இனங்கள் உள்ளன. வெளித்தோற்றத்தில் இவைகள் வேறுபட்டிரா. குரோமோ சோமில் மட்டும் வேறுபட்டுக் காணப்படும். இரு இனங்களை ஒரே இடத்தில் விட்டால் ஒத்த இனங்களில்தான் ஆண் பெண்களுடன் புணர்கின்றனவே அன்றி மற்றொன்றுடன் நிகழ்வதில்லை, அவ்வாறே தாவரங்களிலும் அயல் மகரந்தச் சேர்க்கை நிகழ்வதில். குறிப்பட்ட பூச்சிகளே அதை செய்யவல்லன. மற்ற பூச்சிகள் அவ்வாறு செய்ய முடியாது. நிறம், மணம் உருவம் முதலியன வற்றால் வெவ்வேறு [illegible]னப் பூச்சிகளைக் கவரும். அவ்வாறின்றி அயல் மகரந்தச் சேர்க்கை நிகழ்ந்தாலும் செடிகள் மலடாகவே வளருகின்றன. இங்கேயும் பல தடுப்பு சாதனங்கள் காணப்படு கின்றன. இயற்கையில் இவைகளினால் ஜீன் பரிமாற்றங்கள் ஏற் படுவது குறைவாகிறது.

பல சாதிகள் டுரோசோஃபைலாவில், குறிப்பாக மூன்றும் குரோமோசோமில், தலைகீழ் மாற்றத்தினால் (inversions) ஏற்படு வதைக் கூறலாம்.

பல ஜாதிகளில் படிமலர்ச்சி உண்டாதல்

படிமலர்ச்சிக் கொள்கைக்குரிய மேற்கண்ட கருத்தாராய்வு முடிப்பதற்கு முன் இக்கொள்கைக்கு உள்ள ஒரு மறுப்பைப்பற்றி கூறவேண்டும். மியூட்டேஷன்கள் நடப்பது ஒரு ''தற்செயல்'' நிகழ்ச்சியே (chance) ஆனால் தேர்வு (selection) என்பது ஒரு



படம் 131.

டுரோசோஃபைலாவில் பல சாதிகள் படிமலர்ச்சி மூலம் உண்டாதலின் குடும்பமர விளக்கம்.

குருட்டுப்பலமாக (blind force) இருப்பதால், மியூட்டேஷனும், தேர்வும் சேர்ந்து மிகச் சிக்கலான சம சீரடைந்த உறுப்புகளை எவ்வாறு உண்டாக்குகின்றன என்பது அறிய மிகக் கடினமாகும். எடுத்துக்காட்டாகக் கண் உண்டாவதைக் கூறலாம். உயிரினங்கள் சூழ்நிலைக்கு ஏற்ப, புரியும் எதிர் செயலுக்கு படிம மலர்ச்சி என்று தற்கால படிமலர்ச்சி வல்லுநர்கள் கருதுகிறார்கள். சூழ்நிலை, உயிரியல் கண்டுபிடிப்பதற்கு வாய்ப்பளிக்கிறது. படிமலர்ச்சி என்பது தற்செயல் நிகழ்ச்சியுமல்ல, திட்டமிட்டு நிகழ்த்துவதுமல்ல. அது இயற்கை படைப்பின் உருவாக்கமாகும்.

கலைச் சொற்கள் அகராதி

A

Achromatic	...	அக்ரோமேட்டிக்
Acrocentric	...	அக்ரோசென்ட்ரிக்
Actinomycine-D	...	ஆக்டினேமைசின். D
Adaptor	...	அடாப்டர்
Adenine	...	அடினின்
Adenine Triphosphate	...	அடினேசின் டிரைபாஸ்பேட்டு
Adrenal cortez	...	அட்ரினல் கார்ட்டக்ஸ்
Adrenal medulla	...	அட்ரினல் மெடுல்லா
Agar plate	...	அகர் தட்டுகள்
Agent-F	...	ஏஜெண்ட்-F.
Agglutinate	...	அக்ளுட்டினேட்
Agglutination	...	அக்ளுட்டினேஷன்
Aggrigata	...	அக்ரிகேட்டா
Agouti	...	அகவுட்டி
Alanine	...	அலனின்
Albert Levan	...	ஆல்பர்ட் லீவான்
Albinism	...	ஆல்பினே
Alcaptonuria	...	அல்காப்டோநியூரியா
Aldesterone	...	ஆல்டோஸ்டீரான்
Alec Bangham	...	அலக் பெங்காம்
Alexander Fleming	...	அலெக்சாண்டர் ஃபிளமிங்
Alfred E. Mirsky	...	ஆல்பர்ட் E. மிர்ஸ்கி
Algae	...	ஆல்கா
Alleles	...	அல்லீல்கள்
Alliumcepa	...	வெங்காயம்
Allopolyploid	...	ஆல்லோபாலிபிளாய்டு
Allylisothiocyanate	...	நச்சாவி நீர்மம்
Amenorrhoea	...	மாதவிடாய்
Amino acid	...	அமினே அமிலம்
Amino acyl transfer RNA	...	அமினே-அசைல் டிரான்ஸ்பர் ஆர்என்ஏ
2-Amino-purine	...	2-அமினே-பியூரின்
Amitosis	...	நேர்முகப்பிரிவு

Amniotic fluid ... பனிக்குடநீர்
Amphiaster ... ஆம்ஃபியாஸ்டர்
Analogues ... அனலாக்குகள்
Anaphase ... ஆக்கநிலை
Ancestor ... மூதாதையர்
Ancon breed ... அன்கான் வம்சம்
Andre Boivin ... ஆன்ட்ரு போவின்
Anemia ... இரத்தசோகை
Aneuploid ... அனுபிளாய்டு
Animal pole ... கருமுனை
Annealina ... அன்னேலிங்
Anti-bodies ... ஆண்டிட்பாடிகள் (எதிர் பொருள்)
Antibiotic ... உயிர் எதிரி
Anticodons ... ஆண்ட்டி கோடான்கள்
Antigens ... ஆண்ட்டிஜென்
Antirrhinum ... ஆண்ட்டிரீனம்
Anti-toxins ... எதிர் நச்சுக்கள்
Antlerd wings ... ஆண்ட்லர்டு இறகு
Apis-mellifica .. தேனீ
Apus sp ... கிரேஃபிஷ் இனம்
Arehibold Garrod ... ஆர்ச் பால்டு கெராட்
Architectural skeleton ... கலைச்சட்டகம்
Areocentric ... ஏரியோ சென்ட்ரிக்
Argentophile ... ஆர்ஜண்டோஃபைல்
Arginine ... ஆர்ஜினின்
Arlette C. F. ... ஆர்லெட்டி
Arthur L, Korenberg ... ஆர்தா எல். கோரன்பெர்க்
Ascaris ... உருளைப்புழு
Ashok-Kumar ... அசோக்குமார்
Asparagine ... அஸ்பாரஜின்
Aspartic acid ... அஸ்பார்ட்டிக் அமிலம்
Aswald T. Avery ... ஆஸ்வால்டு-ஆவெரி
Atavism ... அட்டேவிசம்
Attached ear lobe ... ஒட்டியகாதுப்பகுதி
Averbach C. ... Dr. C. ஆர்பாக்
August Weismann ... ஆகஸ்ட் வைஸ்மென்
Austrolap ... கோழி
Auto-antibodies ... ஆட்டோ ஆண்ட்டிபாடி

Auto-immune diseases ... ஆட்டோ இம்மியூன் நோய்
Auto polyploid ... ஆட்டோ பாலிபிளாய்டு
Auto-radiographic techniques... ஆட்டோ-ரேடியோகிராஃபிக் நுண்ணியல்
Autosome ... ஆட்டோசோம்
Auxotroph .. ஆக்சோட்ரோஃப்
Avian myeloblastosis ... பறவை மைலோ பிலாஸ்டோசிஸ்

B

Bacillus ... பேசில்லஸ்
Back cross ... பின்கலவி
Back bone ... முதுகெலும்பு
Bacteria phage ... பாக்டீரியா கொல்லி பாக்டீரியாஃபேஜ்
Balbiani ... பால்பியானி
Baltimore ... பால்டிமோர்
Barr bodies ... பார்பாடிகள்
Base pairs ... அடிப்படை சோடிகள்
Bases ... அடிப்படைகள்
Basophiliae ... பேசோஃபிலியா
Bassel, A ... பேசல்
Batson ... பேட்சன்
Baur, E ... பேயார், E
Beadle, G.W. ... பீடில், G.W.
Beale, G.H. ... பீல், G.H.
Beadles ... பீடில்ஸ்
Behaviour ... பழக்கம்
Belling ... ஃபெல்லிங்
Benzpyrene ... பென்ஸ்பைரின்
Bernblum ... பிரன்பிளம்
Bilirubin ... பிலிரூபின்
Billion ... பிலியன்
Bio-chemistry ... உயிர்-வேதியியல்
Biotinless ... பயோட்டின் அற்ற
Bittner, J J. ... பிட்னர், J. J.
Bivalent ... பைவேலண்ட், இரட்டை
Blackeslee ... பிளாக்கஸ்லீ
Blastocysts ... பிளாஸ்ட்டோசிஸ்ட்கள்

Blended inheritance ... கலப்புத் தலைமுறையுரிமை மரபு வழியடைதல்
Blue-green algae ... ஊதா-பச்சை பாசி
Blue print ... நீல அச்சு
Blepharoblasts ... பிளிஃபிரோபிளாஸ்ட்கள்
Bombay type ... பம்பாய் வகுப்பு
Bone-marrow ... எலும்பு மாரோ
Bouquet stage ... பூச்செண்டு நிலை
Boveri ... பவரி
Boycott ... பாய்காட்
Brachet ... பிராஷே
Brassica oleracea ... கோஸ்
Breakage ... விரிபடுதல்
Breakage first theory ... ஒடிதல் முதல் கோட்பாடு
Breakage heypothesis ... ஒடிந்திணைதல் முறை
Breeding experiments ... சேய்ப்பெருக்கச் சோதனைகள்
Bridges, E. B. ... பிரிட்ஜஸ், E.B.
Bridges theory ... பிரிட்ஜஸ் கோட்பாடு
Brown ... பிரவுன்
5-Bromo uracil ... 5-புரோமோ யூராசில்
Brooks ... புரூக்ஸ்
Butler ... பட்லர்

C

Caffeine ... கேஃபின்
Canis familiaris ... நாய்
Campbell ... கேம்ப்பெல்
Callan, H. G ... எச். ஜி. காலன்
Carassius auratus ... தங்கமீன்
Carboxyl group ... கார்பாக்சில் குரூப்
Carl Correns ... கார்ல் காரென்ஸ்
Carrier RNA ... கேரியர் ஆர்என்ஏ
Casper Friedrick Wolf ... கேஸ்பர் பிரடெரிக் உல்ஃப்
Cavia cobaya ... பன்றி
Cell division ... செல் பிரிவு
Centrifuge ... சுழற்கருவி
Centromere ... சென்ட்ரோமியர்
Charles Bonnet ... சார்லஸ் பானட்

Charles Darwin	...	சார்லஸ் டார்வின்
Chemodifferentiation	...	வேதியியல் வரையறை விளக்கம்
Chiasma	...	கியாஸ்மா
Chironomas	...	கைரோனமஸ்
Chlamydomonas	...	கிளாமிடோ மோனஸ்
Chromonema	...	குரோமோனிமா
Chromomere hypothesis	...	குரோமோமியர் கொள்கை
Cholestrol	...	கொலஸ்ட்ரால்
Chorionic myelogenous leukemia	...	கோரியானிக் மைலோஜினஸ் லூக்கிமியா
Chromatic figure	...	குரோமேட்டிக் படம்
Chromatids	...	குரோமேட்டிட்
Chromomere	...	குரோமோமியர்
Chromosomal theory of inheritance	...	மரபுவழி அடைதலின் குரோமோசோம் கோட்பாடு
Chromosome puff	...	குரோமோசோம் பஃப்
Chromosome theory	...	குரோமோசோம் கோட்பாடு
Cistron	...	சிஸ்ட்ரான்
Cis-trans test	...	சிஸ்–ட்ரான்ஸ் சோதனை
Citrus sinensis	...	ஆரஞ்சு
Classical Theory of Sax	...	சாக்ஸின் கிளாசிகல் கோட்பாடு
Cleavland	...	கிளிவ்லாண்ட்
Clumping	...	பிணைந்து
Code-message	...	கோட்-மெஸ்சேஜ்
Code-word	...	கோட்-வேர்டு
Codon	...	கோடான்
Cohen, S.	...	கோகன், S.
Cohesion	...	ஒட்டிணைவுகள்
Colchicine	...	கோல்சிசீன்
Cole te Vendrely	...	கோலெட் வெண்ட்ரலி
Coline M. Maclieod	...	மெக்லியாட்
Colour blindness	...	நிறக் குருடு
Competence	...	புற அடுக்குத் தகுதி
Component	...	ஆக்கக் கூறுகள்
Complementary genes	...	காம்ப்ளிமெண்டரி ஜீன்கள்
Conjugation	...	இணைவு முறை இனப்பெருக்கம்
Constriction	...	சுருக்கம்
Contact first theory	...	தொடல் முதல் கோட்பாடு

Coombs	...	கூம்ப்ஸ்
Coombs test	...	கூம்ப்ஸ் சோதனை
Cotyledon	...	விதையிலை
Cooper	...	கூப்பர்
Coupling	...	கூடுதல்
Courtship	...	ஊடல்
C P D	...	சிட்ரேஸ்-பாஸ்பேட்-டெக்ஸ்ட்ரோஸ்
Crick, F. H. C.	...	கிரிக், எப். எச். சி.
Crighten, H. B.	...	கிரைட்டன், எச். பி.
Crossing over	...	குறுக்கெதிர் மாற்றம்
Cross over frequency	...	குறுக்கெதிர் மாற்ற நிகழ்வெண்
Cross pollination	...	அயல் மகரந்தச் சேர்க்கை
Cryptorchism	...	கிரிப்டார்கிசம்
Cuenot	...	குனொட்
Culex pipiens	...	கொசு இனம்
Cumulative factors	...	குமிலேட்டிவ் பேக்டர்கள்
Cytology	...	செல்லியல்
Cytogenetics	...	சைட்டோ ஜெனிட்டிக்ஸ் செல் மரபியல்
Cytogenetics map	...	சைட்டோ ஜெனிட்டிக் வரை படம்
Cytogenetic picture	...	செல் மரபியல் படம்
Cytoplasmic component	...	சைட்டோபிளாசக் கூறு
Cytosine	...	சைட்டோசின்

D

Data	...	செய்திக் குறிப்புகள்
Darlington	...	டார்லிங்டன்
Daughter Cell	...	சேய்ச் செல்
Davenport, C. B.	...	டேவன்போர்ட்
Davidson	...	டேவிட்சன்
Delayed effect	...	காலதாமத விளைவு
Deamination	...	டி. அமினேஷன்
Delbruck	...	டெல் ப்ரக்
Demeric, C. C. Dr.	...	டெமரிக், சி. சி.
Density	...	மத்திய செறிவு
Denver	...	டென்வர்

Denver nomenclature ... டென்வர் பெயரிடல் முறை
Deoxy ribonucleic acid ... டெஸ் ஆக்சி ரைபோ நியூக்ளிக் அமிலம்
Detach ... இணைப்பகற்று
Determinate stage ... நிர்ணயிக்கப்படும் நிலை
Development ... வளர்தல்
Dextral ... டெக்ஸ்ட்ரல் (வலம்புரி)
Diads ... டையட்டுகள்
Diakinesis ... டையாக்கைனசிஸ்
Dibenzainthracene ... டைபென்ஸ் ஆந்த்ரசின்
Differentiation of cells ... செல்கள் வேறுபடுதல்
Dinoflagellates ... டைனஃப் பிளஜெல்லேட்டுகள்
Disruption ... நொய்வு
Dicentric ... டைசென்ட்ரிக்
Diploid ... இரட்டை எண்
Diplotene ... டிப்ளோடீன் (இருநூல் அகல் நிலை)
Diver ... டைவர்
DNA Helix ... டிஎன்ஏ ஹெலிக்ஸ்
DNA-Histone Domplex ... டிஎன்ஏ ஹிஸ்டோன் காம்ப்லக்ஸ்
DNA-Polymerase ... டிஎன்ஏ பாலிமரேஸ்
DNA-Instructed polymerase ... டிஎன்ஏ இன்ஸ்ட்ரக்டட் பாலிமரேஸ்
Dorsal lip ... மேல் உதடு
Dorso Ventral axis ... மேல் கீழ் அச்சு
Double helix ... இரட்டைத் திருகு சுழல்
Double strand ... இரட்டை முறுக்கிழை
Doublet ... ஈர் எழுத்து
Duodenal ulcer ... டியோடினல் அல்சர்
Donald, F. Jones ... டோனல்ட், எஃப். ஜோன்ஸ்
Donforths short tail ... டான்ஃபோர்த் குட்டைவால்
Down's syndrome ... டவுன்ஸ் சின்ட்ரோம்
Drosophila ... டுரோசோஃபைலா
Duplication of DNA ... டிஎன்ஏ இரட்டித்தல்
D. melanogaster ... டு. மேலனோகாஸ்டர்
D. virilis ... டு. விரிலிஸ்
Dubenin ... டு. புனின்
Dulbecco ... டல்பிகோ

E

Earlier hypothesis	...	முன்தோன்றிய கொள்கைகள்
East	...	ஈஸ்ட்
Ebbling	...	எப்லிங்
Ecdysone	...	எக்டைசோன்
Ectoderm	...	புற அடுக்கு
Edelman, I. S.	...	I.S. எடல்மன்
Edgar Altenburg	...	எட்கார் ஆல்ட்டன்பர்க்
Edward, R.H.	...	எட்வர்டு, ஆர். எச்.
Eiko Otsuka, Dr. (Miss)	...	டாக்டர் (மிஸ்) இக்கோ ஒட்சுகா
Episomes	...	எப்பிசோம்கள்
Electrostatic theory	...	எலக்ட்ரோஸ்டேடிக் கோட்பாடு
Electrophoresis	...	எலக்ட்ரோஃபோரசிஸ்
Embryonic induction	...	கருநிலைத் தூண்டல்
Emerson	...	எமர்சன்
Encasement theory	...	என்கேஸ்மெண்ட் கோட்பாடு
Endo reduplication	...	எண்டோ ரிடுப்ளிகேஷன்
Endocrine glands	...	நாளமில்லா சுரப்பிகள்
Endocrine hermaphrodites	..	நாளமில்லா இரு பாலிகள்
Ephestia	...	எஃபிஸ்டியா
Ephrussi-B.	...	பி. எஃப்ருசி
Epigenesis	...	எப்பிஜெனிசிஸ்
Epigenesis theory	...	முன்உரு அமையாக் கோட்பாடு
Epinephrine	...	எப்பிநெஃப்ரின்
Epistasis	...	மேலாட்சி
Epistatic gene	...	மேலாட்சி ஜீன்
Equation divison	...	சமநிலைப் பிரிவு
Equator	...	மத்தியக் கோட்பாடு
Equatorial plate	...	மத்தியத்தட்டு
Equas caballus	...	குதிரை
Ergastoplasm	...	எர்காஸ்டோபிளாசம்
Erich Tschermak	...	எரிக்ட்செர்மாக்
Erythroblastosis foetalis	...	எரித்ரோபிளாஸ்டோசிஸ் ஃபீட்டாலிஸ்
Escherichia Coli	...	ஈ.காலை(எஸ்கேரேகியா கோலி)
Estable	...	எஸ்டேபில்

Estrogen ... எஸ்ட்ரோஜன்
Ethyl urethane ... ஈத்தைல் யூரித்தேன்
Ethyl ethane sulphonate ... ஈத்தைல் ஈத்தேன் சல்ஃபோனேட்
Eu chromatin ... யூ குரோமேட்டின்
Eugenics ... இன ஆக்க மேம்பாட்டியல்
Euglena ... யூக்ளினு
Eupagurus ochotensis ... துறவி நண்டு
Euploids ... யூபிளாய்டுகள்
Evolution ... படிமலர்ச்சி
Execptional daughter ... விதிவிலக்கான பெண் (மகள்)
Exceptional son ... விதிவிலக்கான ஆண் (மகன்)

F

Factor ... காரணிகள்
Family pedigrace ... குடும்பவம்சாவழி
Fano ... ஃபேனோ
Fatal ... அழியும்
Father of genetics ... மரபியலின் தந்தை
Felis maniculata ... பூனை
Femaleness ... பெண் தன்மை
Fenestrated membranc ... பெனஸ்ட்ரேட்டட் சவ்வு
Feulgen ... பால்கன்
Fibrosarcoma ... ஃபைபுரோசார்கோமா
Filaments ... இழைகள்
Fisher, R.A. ... பிஷ்ஷர் ஆர். ஏ.
Foetal membrane ... கருவுறைச் சவ்வு
Formaldchyde ... பார்மால் டிஹைட்
Fossils ... புதைப்படிவங்கள், ஃபாசில்
Ford, C.E. ... ஃபோர்டு, சி. ஈ.
Francis Crick ... ஃபிரான்சிஸ் கிரிக்
Frank Lillie ... ஃபிராங்க் லில்லி
Free Martin ... ஃப்ரீ மார்ட்டின்
Freese-E. ... ஃபிரிஸ், ஈ.
Friedrich Meischer ... ஃப்ரிட்ரிக் மீஷெர்
Frield Wald ... பிரீல்ட் வால்ட்
Fresion bulls ... ஃபிரிசியன் காளைகள்

G

Gall-G.	...	கால், ஜி.
Gamets	...	இனச் செல்கள்
Gamma globulin	...	காமா குளோபுலின்
Gars ang	...	கார்ஸ்டாங்
Gastrula	...	கருக்கோள்
Gastrulation	...	கருக்கோள்நிலை
Gastropoda pulmonata	...	வயிற்றுக்காலிகள்
Gardner	...	கார்டனர்
Gause	...	காஸ்
Gene complex	...	ஜீன் சிக்கல்கள்
Gene concept	...	ஜீன் கோட்பாடு
Genetic code	..	ஜெனிட்டிக் கோடு/குறியீடு
Genetic equilibrium	...	மரபியல் சமநிலை
Genetic information	...	மரபியல் விளக்கம்
Genes	...	ஜீன்கள், மரபணு
Genetics	...	ஜெனிட்டிக் (மரபியல்)
Gene theory	...	ஜீன் கொள்கை
Genome	...	ஜீனோம்
Genotype	...	ஒத்த மரபு வழிப்பொருள்கள்/ ஜீனோடைப்
Genetic balance	...	மரபுச் சமநிலை
Genetic horsepower	...	மரபியல் குதிரைவேகம்
Gene regulation hypothesis	...	ஜீன் ஒழுங்குபாட்டுக் கொள்கை
Gerard, P.	...	கெரார்டு, பி.
Germ plasm theory	...	ஜெர்ம் பிளாசம் கொள்கை
Gerrod, A.E.	...	ஏ. இ. ஜெர்ராட்
George Todaro	...	ஜார்ஜ் டொடாரோ
Gerald Weissman	...	கெரால்டு விஸ்மன்
Geometrical progression	...	ஜியோமிதிப் பெருக்கம்
Giant chromosome	...	பூதக் குரோமோசோம்
Giant protein molecules	...	பூத புரத மாலிக்கூல்
Gibson, J.	...	ஜே. கிப்சன்
Glucagon	...	குளுகாகான்
Gluge	...	குளுக்
Gluco-corticoids	...	குளுகோ கார்ட்டிகாய்டுகள்
Glutamic dehydrogenase	...	குளுட்டமிக் டிஹைடிரோஜினேஸ்

Glutamic acid ... குளுட்டமிக் அமிலம்
Glycine ... கிளைசின்
Gonoduct ... ஆண் இனச் செல்குழாய்
Goldschmidt theory ... கோல்ட்ஸ் சிமிட் கொள்கை
Gossypium hirsutum ... பருத்தி
Gregor Johann Mendel ... கிரிகர் ஜான்மெண்டல்
Granulocytes ... துகள் சைட்டுகள்
Grell, R. ... ஆர். கிரில்
Grass ... கிராஸ்
Grazia sessa ... கிரேசியா செஸ்சா
Griffith ... கிரிஃப்பித்
Grunberg ... கான்பர்க்
Guanine ... காவரின்
Guinea pig ... கினியா பன்றி
Gulick ... குலிக்
Gynandromorph ... இயங்கா இருபால் ஒன்றிகள் (அர்த்தநாரி)

H

Habrobracon ... ஹேப்ரோபிரேகன்
Hadron, E. ... ஹாடான், இ.
Haldane, J.B.S. ... ஹேல்டேன், ஜே. பி. எஸ்.
Haemophilia ... குருதிப் பற்றுநோய்
Hamerton-J.L. ... ஹாமர்ட்டன், ஜே. எல்
Hamster ... ஹேம்ஸ்டர்
Hansemann ... ஹன்சிமான்
Hauschka ... ஹௌசெக்கா
Hans Driesch ... ஹேன்ஸ் டிரெஷ்
Hans ris ... ஹேன்ஸ்ரிஸ்
Haploid ... ஒற்றை எண்
Haploid binalion of genes ... ஒற்றைமய ஜீன் சேர்க்கை
Haploid set ... ஒற்றை மயச்சோடி
Hardy, G.H. ... ஜி. எச். ஹார்டி
Hargobind Korana ... அரிகோவிந்து கோரானா
Henry Harris ... ஹென்ரி ஹேரிஸ்
Henry Turner ... ஹென்ரி டர்னர்
Hershey, A.D. ... ஹெர்ஷே, ஏ. டி.
Herschel, K. Mitchel ... ஹெர்ச்சல், கே. மிட்சல்

Hemolytic disease	...	இரத்தச் சிதைவு அல்லது ஹிமாலிட்டிக் நோய்
Hemophilus Influenzae	...	ஹெமோஃபிலஸ் இன்ஃப்ளுயென்சா
Hermaphrodism	...	இருபால் ஓர் உயிரி
Hermaphrodites	...	இருபால் பிராணிகள்
Heiberg	...	ஹேபெர்க்
Hetropolyploidy	...	ஹெட்டிரோ பாலிப்ளாய்டி
Heterochromatic	...	ஹெட்டிரோ குரோமெட்டிச்
Heterochromosomes	...	ஹெட்டிரோ குரோமோசோம்கள்
Heterochromatin	...	ஹெட்டிரோ குரோமெட்டின்
Heterosis	...	ஹெட்டிரோசிஸ்
Heteroplasmon	...	ஹெட்டிரோ பிளாஸ்மான்
Heterozygosity	...	ஒவ்வா நிலை
Hemoglobin	...	ஹிமோகுளோபின்
Heterzygous	...	ஹெட்டிரோசைகஸ்
Histo-Compatibility	...	திசுத் தகவுத்தன்மை
High-frequency	...	உயர் நிகழ்வெண்
Histidine	...	ஹிஸ்டிடின்
Histone	...	ஹிஸ்டோன்
Homologous Chromosome	...	ஒத்த குரோமோசோம்
Homosapiens	...	மனிதன்
Homozygosity	...	ஒத்தநிலை
Homoplasmon	...	ஹோமோ பிளாஸ்மான்
Homozygous	...	ஹோமோசைகஸ்
Hookeri-O	...	ஓ. குக்கரி
Hotchkies-R.D.	...	ஹாட்ச்கிஸ், ஆர். டி.
Holliday	...	ஹாலிடே
Hoagland	...	ஹோலேண்டு
Holley-N.	...	ஹாலி
Hotta-Y.	...	Y-ஹோட்டா
Hollow Cylinder	...	காலி உருளை
Hugo de Vries	...	ஹுகோ டீவரிஸ்
Huna fusa	...	ஹுனாஃப்யூசா
Hungerford	...	ஹங்கர்ஃபோர்டு
Hutchison	...	ஹட்சிசன்
Hybrid	...	ஹைபிரிட் (கலப்புயிரி)
Hybrid, DNA	...	ஹைபிரிட் (கலப்பு) டிஎன்ஏ

Hybrid instructed polymerase... ஹைபிரிட் இன்ஸ்ட்ரக்டட் பாலிமரேஸ்
Hybridization ... கலப்பு விதைகள்
Hydraxy Phenyl ... ஹைட்ராக்சி பினைல்
3-Hydroxy kynurenine ... 3 ஹைட்ராக்சி கைனூரினின்
Hydrogen bond ... ஹைட்ரஜன் இணைவு
Hypothesis ... கொள்கைகள்
Hypoxanthine ... ஹைப்போக்சேந்தின்
Hypothetical repressor ... புனைவு ரெப்ரஸார்
Hypostatic gene ... மறைவாட்சி ஜீன்
Hypothetical ... புனைவுக் கோளியல்

I

Immunity ... தடை காப்புறுதி
Immune selection ... எதிர்ப்புத் தேர்வு
Inbreeding ... தற்கலப்புச் சேய்ப்பெருக்கம்
In born errors in metabolism... பிறவிப்பிழைநோய்
Independant Assortment ... தனித்து ஒதுங்குதல் நியதி
Induced Mutation ... தூண்டும் நிலையான திடீர் மாற்றமுறை
Indeterminate stage ... நிர்ணயிக்கப்படாத நிலை
Infection ... தொற்றுதல்
Influenza ... இன்ஃபுளியன்ஸா
Infertile ... வளமற்று
Intact ... கெடாத நிலை
Intact group ... இணைந்த கூட்டு
Interphase cell ... இடைநிலைச் செல்
Interaction of genes ... பரிவர்த்தனைச் செயல்கள்
Interference ... குறுக்கீடு
Internal molecular coiling ... உள் மாலிக்கூலார் சுருள்
Ionic bonds ... அயானிக் கட்டுகள்
Ionising radiation ... அயனக் கதிரியக்கம்
Isoleucine ... ஐசோலூசின்
Insulin ... இன்சுலின்
Islets of Langerhans ... கணையத்தீவுகள்

J

Jacob, J. ... ஜேகப் ஜே
Jacob Monod ... ஜேகப்-மோனட்
James Neel ... ஜேம்ஸ் நில்

James Watson ... ஜேம்ஸ் வாட்சன்
Janswammerdam ... ஜேன் சுவாமர்டேம்
Janssens ... ஜான்சென்ஸ்
Jaundice ... காமாலை
Jerome Lejurc ... ஜெரோம் லெஜூனி
Jinks ... ஜீன்க்ஸ்
Johnc Kendrew ... ஜான்சி கெண்ட்ரூ
Johanns Muller ... ஜான்ஸ் முல்லர்
Journal ... ஆராய்ச்சி இதழ்
Joshua Lederberg ... ஜோஷ்வா லிடர்பெர்க்

K

Kalmus ... கால்மாஸ்
Kappa particles ... கப்பாப் பொருட்கள்
Karl Landsteiner ... கார்ல் லாண்ட்ஸ்டீனர்
Karpechenko ... கார்ப்பி செங்கோ
Karyokinesis ... கெரியோகைனிசிஸ்
Karyotype ... கெரையோடைப்
Key enzyme ... முக்கிய என்சைம்
Kirby, K.S. ... கிர்பி, கே. எஸ்.
Klinefelter's Syndrome ... கிளின்ஃபெல்டர் சிண்ட்ரோம்
Koch ... கோச்
Konberg ... கோன்பெர்க்
Konrad Roentgen ... கொன்ராட் ராஞ்சன்
Kurushchev, G.K. ... குருச்சேவ்
Kynurenine ... கைனூரினின்

L

Labeled Isotopes ... அடையாளத்துண்டிட்ட ஐசோடோப்கள்
Lamarck ... லாமார்க்
Lambda Bacteriophage ... லாம்படா பாக்டீரியாஃபேஜின்
Lamp Brush Chromosome ... லேம்ப் பிரஷ் குரோமோசோம்
Langdon Down ... லாங்டன் டவுன்
Landsteiner ... லாண்ட்ஸ்டீனர்
Larger Functional unit ... பெரிய செயலாற்றும் தனிக்கூறு

Lathyrus Odonatus	... பட்டாணி
Latent Virus	... லேட்டண்ட் வைரஸ்
Lethal gene	... கொல்லி ஜீன்
Law of segregation	... பிரிதல் விதி
Law of change	... நிகழ்வு விதிகள்
Lawley	... லாலி
Lederberg-J.	... ஜெ. லிடர்பெர்க்
Leavell	... லீவெல்
Lejaune	... லெஜூன்
Leptotene	... லெப்டோடீன் (நீள் நூல்நிலை)
Leukemia	... லூக்மியா
Levan	... லீவின்
Leucoplastids	... லூக்கோ பிளாஸ்ட்டிட்கள்
Lerman	... லெர்மன்
Levine	... லெவீன்
Leucine	... லூசின்
Limnaea	... லிம்னயா
Linkage	... பிணைவுகள்
Linus Panling	... லைனஸ் பாலிங்
Llyod	... லாய்டு
Lipovitellin	... லிப்போ வைட்டலின்
Locus	... லோக்கஸ்
Longitudinal Replication	... நீள்முறை நகல் ஆக்கல் முறை,
Lung Cancer	... நுரையீரல் புற்றுநோய்
Luria	... லூரியா
Lymantria Dispar	.. லைமாண்ட்ரியா டிஸ்பர்
Lymphoma	... லிம்ஃபோமா
Lymphomatosis	... லிம்ஃபோமேடோசிஸ்
Lysanko, T.D.	... டி. டி. லைசன்கோ
Lysins	... லைசின்ஸ்
Lysozyme	... லைசோசைம்

M

Macaque Sp	... குரங்கினம்
Maclyn Mccarty	... மெக்லின் மெக்கார்த்தி
Maize	... சோளம்
Male Hormone	... ஆண் ஹார்மோன்
Maleness	... ஆண்தன்மை

Malus Sylvestris	...	ஆப்பிள்
Malformation of aorta	...	பெருந்தமணி செப்பக்கேடு
Malignancy Cells	...	தீங்கு விளைவிக்கின்ற செல்கள்
Mangolism	...	மாங்கோலிசம்
Malignant Tumor	...	கொடூரக்கட்டி
Manganous Chloride	...	மாங்கனஸ் குளோரைட்
Mapping	...	வரைபடம் வரைதல்
Dr. Mary Lyon	...	டாக்டர் மேரி லேயான்
Marshal Nirenberg	...	மார்ஷல் நிரென்பெர்க்
Martha Chase	...	மார்த்தாசேஸ்
Matrix	...	மேட்ரிக்ஸ்
Master Copy mutation	...	ஆசான்படி மியூட்டேஷன்
Materi al determination	...	தாய்வழி நிர்ணயம்
Mathaci, J.H.	...	ஜே. எச். மத்தாயி
Mather	...	மேதர்
Maturation Division	...	முதிர்ச்சிப்பிரிவு
Maxdel Bruck	...	மாக்ஸ் டெல்புருக்
Meal worm	...	குளவிப் புழு
Meclintock, B	...	மெக்ளின்டாக், பி
Meiosis	...	குன்றல் பிரிவு (மியோசிஸ்)
Melanin	...	மெலானின்
Melandrium	...	மிலாண்ட்ரியம்
Mendel	...	மெண்டல்
Meselson	...	மெசல்சன்
Messenger RNA	...	மெஸன்ஜர் ஆர்என்ஏ
Metacentric	...	மெட்டாசென்ட்ரிக்
Methionine	...	மித்தியோனின்
Metaphase	...	மாற்றுநிலை
Microscopic	...	நுட்ப
Microbial genetics	...	நுண்ணுயிரிகளின் மரபியல்
Miniature	...	நுண்ணுருக்கள்
Mirabilis Jalapa	...	மிராபிலிஸ் ஜலப்பா
Mirsky, A.E.	...	மிர்ஸ்கி, ஏ. இ.
Mitosis	...	மறைமுகப் பிரிவு; மைட்டாசிஸ்
Mohr	...	மோஹர்
Molceule of Heredity	...	மரபுவழி மூலக்கூறு
Moleeular Basis of Heredity	...	மூலக்கூறுமுறை மரபுவழி
Molecular structure	...	மூலக்கூறு அமைப்பு

Monod, J. ... மோனுடு, ஜே.
Monohybrid Ratio ... ஒற்றைக் கலப்பு (ஹைபிரிட் விகிதம்)
Monoploid ... மானேப்ளாய்டு
Monosomic ... மானேசோமிக்
Morgan, T.H. ... டி. எச். மார்கன்
Mosaic Dominance ... பல்வண்ணத்தோற்ற ஓங்கு நிலை
Mulatto ... முலாட்டோ
Mule ... கோவேறு கழுதை
Muller, H.J. ... முல்லர் எச். ஜே.
Multiple Control ... பன்முகக் கட்டுப்பாடு
Multiple Alleles ... பல்கூட்டு அல்லீல்கள்
Multiple factors ... பல்கூட்டு ஆக்கக் கூறுகள்
Murray Bar ... முர்ரேபார்
Musa Paradisiaca ... வாழை
Mus Musculus ... சுண்டெலி
Muscular dystrophy ... தசைசம்பந்த நோய்
Mustard gas ... மஸ்டார்டு வாயு
Mutant gene ... மியூட்டண்ட் ஜீன்
Mutation ... மியூட்டேஷன், நிலையான திடீர் மாற்றம்
Muton ... மியூட்டான்
Mycelium ... மைசீலியம்
Myeloid Leukemia ... மைலாய்டு லுக்கிமியா
Myopia ... கிட்டப்பார்வை, மையோப்பியா
Myopia Dominant ... ஓங்கும் மையோப்பியா
Myopia Recessive ... ஒடுங்கும் மையோப்பியா

N

Naba Gupta ... நப குப்தா
Narang, S.A. ... நரங், எஸ்.ஏ.
Necleolini ... நியூக்லியோலினி
Neoplstic change ... நியோபிளாஸ்டிக் மாற்றம்
Neo classical theory ... நியோ, கிளாசிகல் கோட்பாடு
Nepeta cataria ... நெபீடா கேட்டேரியா
Neuroblastic cells ... நியூரோபிளாஸ்டிக் செல்கள்
Neurofibromatosis ... நரம்பு சம்பந்தமான நோய்

Neurospora	...	நியூரோஸ்போரா
Neurospora crassa	...	நியூரோஸ்போரா கிரேசா
Neurula	...	நியூருலா
Newt	...	நியூட்
Nicotiana tobaccum	...	புகையிலை
Night blindness	...	இரவுக் குருடு
Nilsson Ehle	...	நில்சன்-ஈல்
Nirenberg, M. W,	...	எம். டபிள்யூ நீரென்பெர்க்
Nitrogen mustard	...	நைட்ரஜன் மஸ்டார்டு
Nitrous acid	...	நைட்ரஸ் அமிலம்
Non cross over	...	குறுக்கேற்ற மற்றவை
Nondisjunction	...	இயைபின்மைப் பிரியாநிலை
Non-sister chromatids	...	உடன்பிறவா குரோமேட்டிட்கள்
Normal gene	...	சாதாரண ஜீன்; நார்மல் ஜீன்
Novitski	...	நோவிட்ஸ்கி
Nowell, P. C.	...	நோவல், பி. சி.
Nuclear component	...	நியூக்ளியஸ் கூறு
Nucleoprotein	...	நியூக்ளியோ புரதம்
Nucleolar Organizer	...	நியூக்ளியோலர் ஆர்கனைசர்
Nucleolemma	...	நியூக்ளியோலெம்மா
Nurse cells	...	செவிலிச் செல்கள்
Nutritional mutants	...	உணவுட்ட மியூட்டண்ட்கள்

O

Octi partite	...	எட்டு பாகம்
Oenothera lamarckiana	...	ஈனோதிரா லெமார்க்கியானா
Offspring	...	இளங்கன்றுகள்
Okamoto	...	ஒக்கமோட்டா
Oklahoma	...	ஒக்ல ஹாமா
Ommochrome pigment	...	ஓமோகுரோம் நிறமிகள்
One gene-one enzyme theory	...	ஒரு ஜீன்-ஒரு என்சைம் கொள்கை கோட்பாடு
One plane hypothesis	...	ஒரு மட்டக் கோட்பாடு
Oncogenic theory	...	ஆன்கோஜெனிக் கோட்பாடு
Oocyte	...	ஊசைட்டு
Ootids	...	அண்டமாகு காலம்
Operon	...	இயக்கு யூனிட்; ஆப்ரான்
Operon model	...	ஆப்ரான் மாடல்

Operator gene	...	இயக்கு ஜீன்
Optic cup	...	கண்ணின் கிண்ணம்
Organizer	...	ஆர்கனைசர்
Organelles	...	உறுப்புகள்
Original enzyme	...	நகல் என்சைம்
Ornithine	...	ஆர்னித்தின்
Origin of species	...	இனத்தோற்றம்
Oryctolagus cuniculus	...	முயல்
Oryza sativa	...	நெல்
Osmotic pressure	...	சவ்வூடு பரவுதல் அழுத்தம்
Osmiophitic corpuscles	...	ஆஸ்மியோஃபிலிக் கார்பசில்கள்
Oswald T. Avery	...	ஆவெரி
Ovarian tumouer	...	அண்டச் சுரப்பிக்கட்டி
Ovis aries	...	ஆடு
Ovotestis	...	அண்டவிந்துச் சுரப்பி
Ovum	...	அண்டம்

P

Pachytene	...	பாச்சிடீன் பாக்கிடீன் (குறுகு நூல்நிலை)
Painter, T. I.	...	பெயிண்ட்டர்
Pachynema	...	பாக்கினீமா நிலை
Pairing (or) synapsis	...	பலவகை இணைப்பு
Paleontology	...	தொல்லுயிரியல்
Pangenesis	...	பேன்ஜெனிசிஸ்
Paramecin	...	பாரமிசின்
Parathyroid aden ma cells	...	பாராதைராய்டு அடினோமா செல்
Parotid gland tumour	...	உமிழ் நீர்கட்டி புற்றுநோய்
Paralysis	..	வாதநோய்
Pars amorpha	..	
Pasteur Insitute, Paris	.	பாஸ்டியர் நிறுவனம், பாரீஸ்
Pea comb	.	பீ கொண்டை
Penrose Laboratory	..	பென்ரோஸ் ஆய்வுக்கூடம்
Penicillum	...	பென்சிலியம்
Peptides	..	பெப்டைட்டுகள்
Period	..	காலவட்டம்
Peroxidation	...	பெர்-ஆக்சிடேஷன்

Peter Michaelis	...	பீட்டர் மைக்கேலிஸ்
Peter gonium zomale	...	பீட்டர் கோனியம் சோமேல்
Persimilis	...	பெரிசிமிலிஸ்
Perrot	...	பெற்றட்
Phages	...	ஃபேஜ்கள்
Phenol	...	ஃபீனல்
Phenotype	...	தோற்றவழியமைப்பு
Phenolpthalein	...	பீனஃப்தலின்
phosphate group	...	பாஸ்ஃபேட் குரூப்கள்
Phenyl thiocarbanide	...	ஃபினைல் தையாகார்பமைட்
Phenyl alanine	...	பினைல் அலனின்
Phenyl ketonuria	...	ஃபினைல் கிட்டோநியூரியா
Philadelphia chromosome	...	பிலடெல்ஃபியா குரோமோசோம்
Phosvitin	...	ஃபாஸ் வைட்டின்
Phosphorvlase	...	பாஸ்ஃபாரிபேஸ்
Phosphate	...	பாஸ்பேட்
Physiology	...	உடற் செயலியல்
Pigments	...	நிறமிகள்
Piancse	...	பியன்சி
Pituitary hormone	...	பிட்யூட்டரி ஹார்மோன்
Pisum sativum	...	தோட்ட அவரை
Plasma gene	...	பிளாஸ்மாஜீன்
Plimmer bodies	...	பிளிம்மர் உறுப்புகள்
Plasmon	...	பிளாஸ்மான்
Plasmagene	...	பிளாஸ்மாஜீன்
Plastogen	...	பிளாஸ்டோஜீன்
Pneumococcus	...	நிமோ காக்கஸ்
Preumonia virus	...	நிமோனியா வைரஸ்
Polar bodies	...	போலார் உறுப்புகள்
Poison	...	விஷம்
Point mutation	...	புள்ளி மியூட்டேஷன்
Polyposis	...	மூளைநோய்
Polyoma virus	...	பாலியோமாவைரஸ்
Polio		போலியோ
Polytenic	...	பாலீடெனிக்
Polypeptid		பாலிபெப்டைட்
Polytene	...	பாலிடீன்
Potential	...	ஆற்றல்

Pott ... பாட்
Porphyrin ... பாரீபைரின்
Polyadanylic acid ... பல அடினிலிக் அமிலம்
Polygenes ... பாலி ஜீன்கள்
Polyhybrid ratio ... பாலிஹைபிரிட் விகிதம்
Polypeptides ... பாலிபெப்டைட்கள்
Polyploid ... பாலிபிளாய்டு, பலமயம்
Polyuracil ... பலயூராசில்
Polyuridylic acid ... பாலியூரிடிலிக் அமிலம்
Polyribosomes ... பாலிரைபோசோம்கள்
Polyserine ... பாலிசெரின்
Polymerase ... பாலிமரேஸ்
Polyiso Leucine ... பாலி ஐசோ லூசின்
Poles ... துருவங்கள்
Polyteny ... பாலிடெனி
Pomerat M. Charles ... பொமரட்
Potency ... ஆற்றல்
Predetermined Points ... நிர்ணயிக்கப்பட்ட புள்ளிகள்
Preforation theory ... முன்உரு அமைந்த கோட்பாடு
Presumptive eye ... உத்தேச கண்
Preleptorene ... முன் லெப்டோடீன்
Premeiotic ... முன் மையோட்டிக்
Prensky ... பிரன்ஸ்கி
Presence-Absence theory ... தோன்றி-தோன்றாக் கோட்பாடு
Primary Constriction ... முதலாம் சுருக்கம்
Primary Nondisjunction ... முதல்தர இயைபின்மைப் பிரியாநிலை
Proboscis ... உறிஞ்சு குழல்
Prototroph ... புரோட்டோட் ரோஃப்
Prostate ... புராஸ்டேட்
Prothoracic gland ... புரோதோராசிக் சுரப்பி
Proflavin ... புரோஃபிளேவின்
Proline ... புரோலின்
Progency ... மரபு வழித்தோன்றிகள்
Prophase ... முதல்நிலை
Protozoa ... புரோட்டோசோவா
Protocell ... புரோட்டோ செல்கள்
Psendo obscura ... சூடோ அப்ஸ்கூரா

Puff ... பஃப்
Punnet ... பன்னட்
Purine ... பியூரின்
Puffing ... பஃப்பிங்
Pupa ... பியூபா
Puromycin ... பூரோமைசின்
Purdu University ... பர்டூபல்கலைக்கழகம்
Pus ... சீழ்
Pyrimidine ... பிரிமிடின்

Q

Quadri partite ... நான்கு பாகம்
Qualitative ... பண்பு சார்ந்தவை
Quantitative ... அளவு சார்ந்தவை

R

Race ... ரேஸ்
Racon ... ரேக்கான்
Radiactive lable ... ரேடியோ ஆக்டிவ் லேபில்
Radioisotopes ... ரேடியோ ஐசோடோப்கள்
Rana esculenta ... தவளை; ராணா எஸ்கு லெண்டா
Random Genetic Drift ... ஜீன்களின் நியதியற்ற எதிர்பாரா மாற்றம்
Random Mating ... நியதியற்ற இனக்கலப்பு
Raphanus Sativus ... முள்ளங்கி
Rapha nobrassica ... முள்ளகோஸ்
Ratio theory ... விகிதக் கோட்பாடு
Rattus norvegius ... எலி
Recessive parent ... ஒடுங்கும் பெற்றோர்
Recombination ... மறுச் சேர்க்கை
Regulator gene ... ஒழுங்கு ஜீன்
Recon ... ரீகான், ரேகான்
Reduced Eggs ... குன்றிய முட்டைகள்
Region ... ரீஜின்
Repulsion ... விலகுதல்
Repais enzyme ... பழுதடையும் என்சைம்
Replicon ... ரெப்ளிகான்
Resting stage ... ஓய்வு நிலை
Rhesus monkey ... ரீசஸ் குரங்கு

Reticulate	...	வலையமைப்பு
Retinoblastonia	...	குழந்தை கண் நோய்
Renner-O	...	ரென்னர், O
Resistance to drugs	...	மருந்துக்களுக்கு எதிர்ப்பு
Reymond	...	ரெய்மாண்டு
Ribonucleic acid (RNA)	...	ரைபோ நியூக்ளிக் அமிலம் (ஆர்என்ஏ)
Ribbert	...	ரிப்பர்ட்
RNA instructed Polynerase	...	ஆர்என்ஏ இன்ஸ்ட்ரக்டட் பாலிமரேஸ்
Richard Goldschemidt	...	ரிச்சர்டு கோல்ட் ஷ்மிட்
Rigens	...	ரிகென்ஸ்
Rifampicin	...	ரைஃபாம்பிசின்
Ris	...	ரிஸ்
Robert Holley	...	ராபர்ட் ஹாலி
Robert, J. Huebner	...	ராபர்ட் ஜே. ஹூப்நர்
Robson	...	ராப்சன்
Rod	...	கோல்
Roger	...	ரோஜர்
Rose comb	...	ரோஸ் கொண்டை
Rous Sarcona	...	ரோசார்காமா
Roux	...	ரோ
Ruth Sangar	...	ரூத்சங்கர்
Rupture	...	முறிதல்
Ryan	...	ரயான்

S

Salivary gland chromosome	...	உமிழ்நீர் குரோமோசோம்
Sagar	...	சாகர்
Sangar	...	சேங்கர்
Santesson	...	சான்டெஸ்சன்
Satellite	...	சேட்டிலைட்
Sarcoma	...	சார்கோமா
Saste	...	சாக்ஸ்
Science of Cytogenetics	...	சைட்டோஜெனிட்டிக்ஸ் அறிவியல்
Sea-Vrchin	...	கடல் முள்ளெலி
Schwartz	...	ஷீவார்ட்ஸ்
Secretor	...	செக்ரீட்டர்

Secondary constriction ... இரண்டாம் சுருக்கம்
Seggregation ... பிரித்தொதுங்குதல்
Self-fertilization ... தற்கலப்புச் சேர்கை
Semi-sterility ... அரைமலட்டுத் தன்மை
Sentigera forceps ... விட்டுத்தேள்
Sereburovsky ... செரிபுரோவிஸ்கி
Serological preparation ... சீரப்படிவுப் பண்புகள்
Serine ... செரின்
Seth Wright ... செத்ரைட்
Severo Ochoa ... செவிரோ ஒச்சோவா
Sewall Wright ... சீவால் ரைட்
Sex characters ... பாற்குணங்கள்
Sex chromosome ... இனக் குரோமோசோம்
Sex determination ... பால் நிர்ணயித்தல்
Sex linkage ... பால் இணைவு
Sex linked chromosome ... பால் இணைந்த குரோமோசோம்
Sex linked lethels ... பால் இணைந்த லீத்தல்கள்
Sex locus ... பால் லோகஸ்கள்
Sex reversal ... பால் மாற்றம், பால் திருப்பம்
Sexual anomaly ... பால்குண ஒழுங்கற்றத் தன்மை
Seymoar Benzer ... செய்மர் பென்சர்
Shepherd's purse ... ஷெப்பர்ட்ஸ் பர்ஸ்
Sigma factor ... சிக்மா காரணிகள்
Sigma virus ... சிக்மா வைரஸ்
Sindhi cows ... சிந்தி பசுக்கள்
Singlet ... ஓர் எழுத்து
Sister chromatids ... உடன்பிறந்தகுரோமேடிட்கள்
Shubik ... ஷுபிக்
Shull, G.H. ... ஷல், ஜி.எச்.
Sickle cell anemia ... சிக்கிள் செல் அனீமியா
Sickle feathers ... சிக்கிள் சிறகுகள்
Silk moths Bombyx Sp ... பட்டுப்பூச்சி
Sinistral ... சினிஸ்ட்ரல் (இடம்புரி)
Solanum Lycopersium ... தக்காளி
Solanum Tuberosum ... உருளைக்கிழங்கு
Soluble RNA (Transfer) ... கரையும் ஆர்என்ஏ டிரான்ஸ்பர்
Solid bodies ... கெட்டிப் பொருள்

Somatic Changes ... உறுப்பு உண்டாகுதல்
Somatoplasm ... சோமாட்டோ பிளாசம்
Somatic cells .. சோமாட்டிக் செல்கள்
Sotelo ... சோட்டிலோ
Somatic metaphase chromosomes ... உமிழ்நீர் குரோமோசோம்
Sonneborn, T.M. ... சானிபார்ன், டி.எம்.
Species ... இனம்
Spemann ... ஸ்பீமென்
Spernatids ... விந்தாகுகலம்
Spernatocytes ... ஸ்பெர் மெடோசைட்கள்
Spermatozoa ... விந்து
Spindle ... நூல் சுற்றும் கதிர்
Spineless ... முட்களற்று
Spirogyratriformis ... ஸ்பைரோ கைரா டிரை பார்மிஸ்
Splittins ... பிளவு படுதல்
Spiral Helix ... திருகு சுழில்
Spores ... ஸ்போர்கள்
Sport ... ஸ்போர்ட்
Stadler L J. ... எல். ஜே. ஸ்டேட்லர்
Stahl, E. ... ஸ்டால்
Statistics ... புள்ளித் தொகுப்பியல்
Statistics of probability ... நிகழ்ச்சித்தகவின் புள்ளித் தொகுப்பியல்
Steinberg ... ஸ்டீன்பெர்க்
Stenson, H.T. ... ஸ்டென்சன், ஹெச். டி.
Sterile ... மலடு
Sterility ... மலட்டுத் தன்மை
Stern, C. ... ஸ்டர்ன்
Sticky end techniqeu ... ஒட்டிக்கொள்ளும் முனை முறை
Sterol ... ஸ்டீரால்
Steroid ... ஸ்டீராய்டு
Stevens, N.M. ... ஸ்டீவன்ஸ், என். எம்.
Steward-Eddy Virus ... ஸ்டுவர்ட்-எட்டி வைரஸ்
Strand ... முறுக்கிழை
Strain ... சந்ததி
Structural gene ... அமைப்பு ஜீன்
Strain ... தொய்வு

Stubbe, W ... ஸ்டப்பி
Streptomycin ... ஸ்ட்ரெப்டோமைசின்
Straight bristle ... நேரான முள் மயிர்
Sturtevant, A.H. ... ஸ்டர்டிவாண்ட் ஏ. எச்
Submeta Centric ... சப்மெட்டா செண்ட்ரிக்
Sugar ... சர்க்கரை; சுகர்
Super female ... சூப்பர் பெண்
Super male ... சூப்பர் ஆண்
Sutton-Boveri Chromosomal Theory of Inheritance ... சட்டன்-பவுரியின் குரோமோசோம் கோட்பாடு
Synthetic RNA ... செயற்கை ஆர்என்ஏ
Symposium ... கருத்தரங்கு
Synapton ... சினைப்டான்
Synaptic plan ... சினேப்டிக் மட்டம்
Synapsis ... சோடி இணைவு
Swanson ... ஸ்வான்சன்

T

Takanami ... டக்னமி
Tatum, E.L. ... டாட்டம் இ. எல்.
Tartrate ... டார்ட்ரேட்
Tantomeric shift .. டாட்டோமெரிக் ஷிஃப்ட்
Technique ... செய்முறை நுட்பம்
Telophase ... முடிவுநிலை
Template ... வார்ப்பு. டெம்ப்ளேட்
Tension ... வலிந்திழுப்பு
Template theory ... டெம்ப்ளேட் கோட்பாடு
Terminal ... நுனி
Terminalization ... டெர்மினலைசேஷன்
Test tube Synthesis ... சோதனைக்குழாய் சேர்க்கை முறை
Tetrads ... டெட்ராட்கள்
Theory of Genetic Balance ... ஜீன்களின் சமநிலைக் கோட்பாடு
Threonine ... திரியோனின்
Threonineless ... திரியோனின் அற்றன
Thom ... தாம்
Thorup ... தாரப்

Thymine ...	தைமீன்
Tjio, J.H. ...	டிஜியோ
Todd ...	டாட்
Tongue rollers ...	சுருளும் நாக்கு
Totipotent ...	பூரண ஆற்றலுடையன
Trait ...	தனிக்கூறு
Transcription ...	பகர்ப்பு முறை
Transfer, RNA ...	டிரான்ஸ்பர் ஆர்என்ஏ
Transplantation ...	மாற்று ஒட்டல்
Transversion mutations ...	நேர்நிலே திரும்பும் மியூட்டேஷன்கள்
Trihybrid ...	மூன்று கலப்பினங்கள்
Triplet of Base Pairs Codings...	முப்படிபேஸ் சோடிக் கோடு
Triploid intersexes ...	டிரிப்ளாய்டு இடைநிலைப் பால்கள்
Triplet ...	மூவெழுத்து
Triptophane ...	டிரிப்டோபேன்
Triturus ...	டிரைட்டியூரஸ்
Trisomy ...	டிரைசோமி
Tritiated Thymidine ...	டிரைடியேட்டெட் தைமிடின்
Tryptophane ...	டிரிப்டோபேன்
Trypsin ...	டிரிப்சின்
Tyrosine ...	டைரோசீன்
Tyrosinase ...	டைரோசினேஸ்
Tyrosine suppressor transfer RNA ...	டைராசின் சப்ரசார் டிரான்ஸ்பர் ஆர்என்ஏ
Turner's Syndrome ...	டர்னர்ஸ் சின்ட்ரோம்

U

Uhl ...	அல்
Ultra violet light ...	அல்ட்ரா வயலட் ஒளி
Ultra violet Spectrum ...	அல்ட்ரா வயலட் ஸ்பெக்டரம்
Ulcer ...	குடற் புண்
Uric aciad ...	யூரிக் அமிலம்
Ursula mittwoch ...	உர்சுலா மிட்டோச்
Universal donor ...	யுனிவர்சல் டோனர் (அளிப்போர்)
Universal recipient ...	யுனிவர்சல் ரெசிப்பியண்ட் (பெறுவோர்)
Uracil ...	யூராசில்

V

Vaccination ... வாக்சினேஷன்
Valine ... வேலின்
Vasopressin ... வேசோபிரசின்
Vegtiat pole ... யோக் முனை
Vermon-M. Ingram ... வெர்மான். எம். இன்கிராம்
Virchow ... விர்ச்சோ
Vestigial wings ... எஞ்சிய இறகுகள்
Visna virus ... விஸ்னு வைரஸ்
Virulenee ... வீரியம்
Virus chromosomes ... வைரஸ் குரோமோசோம்
Vogt ... வோகட்

W

Wabble ... பிறழ்ச்சி
Walnut comb ... வால்நட் கொண்டை
Walter,S. Sutton ... வால்ட்டர் சட்டன்
Watson ... வாட்சன்
Watson-Grick Model ... வாட்சன் கிரிக் மாடல்
Warmke ... வார்ம்கி
Webbed neck ... தோலிழைப் பொதியுடைய கழுத்து
Weismann ... வீஸ்மென்
Westergaard ... வெஸ்டர் கார்டு
White house ... ஒயிட் ஹவுஸ்
White wyandotte ... (வெள்ளை) ஒயிட் வயன்டோட்டி
White Yorkshire ... பன்றி
White's Frontier Hypothesis ... ஒயிட்டின் எல்லைக் கொள்கை
Wienberg ... வியன்பர்க்
Wiener ... வீனர்
Wilhelm,L. Johannson ... வில்ஹெம் ஜோகான்சென்
Wilkins,M. H. F ... வில்க்கின்ஸ், எம். எச். எஃப்.
Wilson,E. B. ... வில்சன், இ. பி.
Wimber ... விம்பர்
Woll-man ... உல்மேன்
Wolfgasg Beermann ... உல்ஃப்காஸ்க் பீர்மான்
Wright,R. E. ... ரைட்டு
Wrinkled ... சுருங்கி

Y

Yasuzumi ... யாசுஷுமி
Yanofsky ... யாஞ்ஃபஸ்கி
Yeast ... ஈஸ்ட்
Yolk ... யோக்
Yoshida Sarcoma ... யோஷிடா சார்கோமா

Z

Zeamays ... ஜியோமேஸ்
Zohary ... ஜோகரி
Zygote ... கருமுட்டை
Zygotene ... சைகோடீன் (இணைநூல் நிலை)

மேற்கோள் நூல் பட்டியல்

Selected References

1 Adelberg, E. A. Papers on Bacterial Genetics, Boston, Little Brown & Co. 1960

2 Allen, J.M. The Molecular Control of Cellular Activity, New York, Mcgraw Hill Book Co., Inc. 1962.

3 Altenburg, Edgar, Genetics, New York, Henry Holt & Co. 1957

4 Annamalai, P. M. Marabial, Madras, Tamil Nadu Text Book Society Publication 1970

5 Auerbach, Charotte, Genetics in the Atomic Age, Fairlawn N. J. Essential Books Inc. 1956

6 Baker, W. K. Genetic Analysis, Boston, Houghton Miffinco

7 Butler, J. A. V. How Genes are Controlled? Science Journal, 41-45 March 1966

8 Blab, G. H. Inheritance Without Genes? Discovery Nov. 1964

9 Bearn, G. and James, L. German III Chromosomes & Disease, Scientific American, Nov. 1961

10 Beadle, George, W. The Physical and Chemical Basis of Inheritance, Eugene Oregon Press 1957

11 Beadle, G. W. and E. C. Tatum, 1964 Proc. Nat. Acad. Sci. 27: 499-506

12 Beerman, W. and U. "Chromosome Puffs" Sci. American, 210 (4) 1964

13 Brachet, Jean, The Living Cell, Sci. American Sep. 1961

14 Bridges, C.B. 1935, J.Heredity 26: 60—64 1935; Science 83: 210—211 1936

15 Bourne,G.Cytology and Cell Physiology, N.Y.Academic Pross 1964

16 Castle, W. E/J Genetics 39: 35 - 44, 1954

17 Castle,W.E and F.L. King,J. Heredity 42: 61—64 1951

18 Castle, W. E. and W. R. Singleton, J. Heredity 51: 127—130 1960

19 Clarke, C. A. Genetics for the Clinician, (Blackwell Scientific Publication) Philadelphia 1962

20 Carlson,E.A.The Gene: A Critical History,Philadelphia' W.B. Saunders 1966.

21 Crick, F.H.C. The Structure of the Hereditary Material Sci. American, 191, 4, 1954

22 ,, Nucleic Acid. Sci. Amer. 197, 3, 1957

23 Crick, F.H.C.TheGenetic Code III Sci. Amer.Oct. 1966

24 ,, I Sci. Amer. Oct. 1962

25 Demerec, M. B. P. Kaufmann Drosophila Guide, Washington, Carnegie Inst. 1961

26 Dobzhansky,T.Evolution Genetics and Man New York John Willy and Sons 1955

27 Dobzhansky, T. Genetics and the Origin of Species (Revised) New Delhi, Oxford and IBH Publication (Columbia University) 1951

28 Dodson, E.O. Genetics The Modern Science of Heredity Philadelphia, W. B. Saunders Co., 1956

29 De Robertis et al, General Cytology, Philadelphia W. B. Saunders Co., 1960

30 Dunn,L.E.Genetics in the 20th Century,N.Y.Macmillan and Co. 1951

31 Ephrussi, B. Nucleo Cytoplasmic Relations in Micro Organisms, New York O. U. P. 1953

32 Falconer, D. S. Introduction to Quantitative Genetics, N. Y. The Ronald Press Co, 1960

33 Flemming, W. J. Cell Biology, 25 (1965)

34 Fraenkel—Conrat, H. The Genetic Code of a Virus Sci. Amer. (Oct 1964)

35 Hartman, P. E and S. R. Suskind Gene Action, Englewood Cliffs, N. J. Prentic Hall 1965

36 Holley, R. W The Nucleotide Sequence of a Nucleic Acid. Sci. Amer. Feb. 1966

37 Horowitz, Norman H. The Gene, Sci. Amer. Oct 1956

38 Ingram, Vernon M. How do Genes Act? Sci. Amer. Jan. 1958

39 Jacob, Francoicl& Monad Jacques Cold Spring Harbour, Symp. on Quart, Biol. XXVI 193. 1961

40 Khorana, H. G. Polynucleotide Synthesis and the Genetic Code, Federation Proc. 24 (6) Pt I 1473-1487, 1965

41 Knudson, Alfred G. Genetics and Disease The Blakist on Division McGraw Hill Book Company London 1965

42 Knox, W. E. Am. J. Human Genetic 10: 3: 1399-1958

43 Kuhn, Barbara, e, J. Heredity vol 62, 2, 3, 4, 5, 1971 Ebm Avenue, Baltimore Md 21211

44 Korenberg, Arthur, Noble Lecture, 1959 reprinted in Genetics, I. H. Herskowitz, Boston, Little Brown and Co., 1962

45 Levine, L. Am. Naturalist 92: 21—26-1958

46 Mcclintock, Barbara and Henry E. Hill J. Genetics 16: 175—190, 1931

47 Morgan, T. H. The Theory of the Gene: New Haven, Conn, Yale Uni. Press 1925

48 McElroy, W. D & Bently Glass. The Chemical Basis of Heredity,John Hopkins Press, Balatimore 1957

49 Morgan,T H. and C.B.Bridges, Sex Linked Inheritance in Drosophila, Washington, Carnegie Inst, 1916

50 Muller, H. J. Science, 66: 84—87 1927

51 Muller, H. J. Evolution and Genetics, Academic Nazionale Dei Lincei Estratto-dal Quaderno No. 47: 15—37, 1960

52 Neel. J. V. and Shull, W. J. Human Heredity, Chicago University Press 1954

53 Nirenberg, M. W. The Genetic Code II Sci. Amer. Mar. 1963

54 Nirenberg,Marshall W. The Genetic Code II Sci Amer. March 1963

55 Pauling, L. H. A. Itano, S. J. Singer and I. C. Wells Science, 110—543 1949

56 Punnet, R.C, Mendelism, London, Macmillan Co. 1922

57 Reed, Sc. Counselling in Medical Genetics, London, Oxford University Press 1963

58 Roberts, JAF, Introduction to Medical Genetics London, Oxford University Press 1963

59 Sagar, Ruth and F. J. Ryan, Cell Heredity, N.Y. John Wiley and Son, Inc. 1961.

60 Serra ... ... Genetics Vol. I & II

61 Seymour Benzer, The Fine Structure of the Gene Jan. 1962

62 Singleton, W. Ralph, Am. Naturalist, 75·48-60-1941

63 Sinnot E. W. L. C. Dunn and Th. Dobzhansky Principles of Genetics New Yourk McGraw Hill Book Co., Inc.1958,

64 Sonneborn, T. M. Advances in Genetics 1.263-358 Academic Press. New York 1947

65 Stadler L. J. East Lansing 1942

66 Srb. Am. Owen, R.D: & Edgar, General Genetics San Francisco. W. H. Freemann & Co., 1962

67 Strauss, B. S. An Outline of Chemical Genetics Philadelphia, W. B. Saunders Co., 1960

68 Stahl, F. The Machanics of Inheritance, ibid, 1964.

69 Storn, C. Principles of Human Genetics, San Francisco W. H. Freeman & Co 1960

70 Stent, G. S. Papers on Bacterial Viruses, ibid 1960

71 Symposium on Genes and Chromosomes-Structure and Function National Cancer Institute Monograph No. 18, 1965

72 Swaminathan, M. S. and A. T.Natarajan, J. Heredity 50, 177-187, 1959

73 Swanson, C. P. Cytology & Cytogenetics, Englewood Cliffs N. J. Prentie Hall Inc 1957

74 Uhl, C. H. Genetics 51, 191-207, 1965

75 Whitehouse, H.L.K. Sci. Progr, London 53, 285-96 1965

76 Winchester, A.M. Genetics, New Delhi, Oxford & IBH Publications 1967

77 Watson, J .D. Molecular Biology of the Gene, New York, W. A. Benjamin, 1965

78 Watson, J. D. & Crick, F. H. C. Nature 171. 1953

79 White, M. J. D. Animal Cytology & Evolution Cambridge, Cambridge University Press 1968

80 Wilkins M. H. F. Genetics Mechanisms. Structure and Function Cold Spring Harbor Symp. Quart. Biol. 21, 75, 1556

81 William Boyd: Textbook of Pathology, Philadelphia Lea & Febiger 1953

82 White M.J.D. The Chromosomes London, Methuen 1961

83 Yunis, J. Human Chromosome Methodalogy N. Y. Academic Press 1965

84 Zueker Kandle, E. The Evolution of Haemoglobin Sci. Amer. May 1965